

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

CENTRO DE EDUCAÇÃO

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA**

FLÁVIA CHINI ALVES

**IMAGENS FOTOGRÁFICAS NOS LIVROS DE QUÍMICA APROVADOS
PELO PNLD 2018: a cinética química em questão**

Maceió

2019

FLÁVIA CHINI ALVES

**IMAGENS FOTOGRÁFICAS NOS LIVROS DE QUÍMICA APROVADOS
PELO PNL D 2018: a cinética química em questão**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Wilmo Ernesto Francisco Junior

Maceió

2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

A474i Alves, Flávia Chini.

Imagens fotográficas nos livros de química aprovados pelo PNLD 2018: a cinética química em questão / Flávia Chini Alves. – 2019. 107 f.

Orientador: Wilmo Ernesto Francisco Junior.

Dissertação (mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Educação. Maceió, 2019.

Bibliografia. f. 102-107.

1. Livro didático - Química. 2. Imagens fotográficas. 3. Cinética química. I. Título.

CDU: 372.854.44

FLAVIA CHINI ALVES

"Imagens fotográficas nos livros de Química aprovados pelo PNLD 2018:

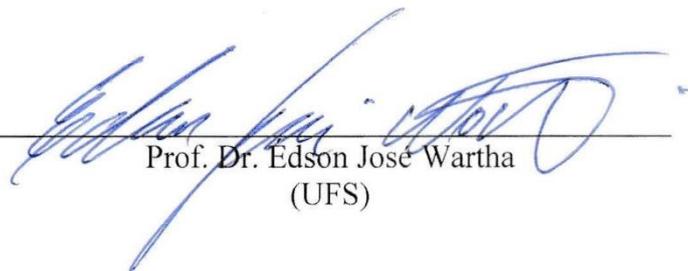
a cinética química em questão"

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática Subárea de Concentração "Química", pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Centro de Educação da Universidade Federal de Alagoas, aprovada em 29 de março de 2019.

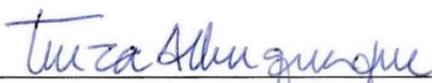
BANCA EXAMINADORA



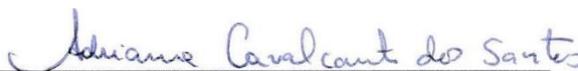
Prof. Dr. Wilmo Ernesto Francisco Junior
Orientador
(Campus Arapiraca/UFAL)



Prof. Dr. Edson Jose Wartha
(UFS)



Profa. Dra. Tereza Cristina Cavalcanti de Albuquerque
(Campus Arapiraca/UFAL)



Profa. Dra. Adriana Cavalcanti dos Santos
(CEDU/UFAL)

Aos meus pais, José Capistrano e Imilze.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Wilmo Ernesto Francisco Junior, meu orientador, pela paciência, apoio e orientações no desenvolvimento deste trabalho.

Aos Professores Adriana Cavalcanti dos Santos, Tereza Cristina Cavalcanti de Albuquerque e Edson José Wartha por aceitarem o convite de realizarem a leitura do trabalho e suas contribuições apresentadas no Exame de Qualificação.

Aos colegas Márcio Lopes, Flávia Braga e Arcille pelo apoio ao disponibilizarem os livros didáticos, material de estudo deste trabalho.

Aos coordenadores, técnicos, professores, colegas do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática.

As Professoras Nazaré Bandeira e Luciana Nobre pelas conversas, orientações e amizade. Vocês sempre me inspiraram como profissionais.

As pessoas que para mim são mais que especiais, meus pais José Capistrano e Imilze, por fazerem tudo para que eu pudesse me dedicar aos estudos, por sempre valorizarem a educação. A minha irmã Fernanda e meu namorado André por sempre estarem por perto.

RESUMO

O estudo da linguagem imagética, especialmente a linguagem fotográfica, numa inter-relação didática com a ciência química e sua linguagem se faz oportuno, sobretudo, por possibilitar a visualização, ainda que macroscópica do conhecimento químico, mas também possibilitando abordar a linguagem específica desta ciência. Diante disto, este trabalho toma como objeto de estudo as imagens fotográficas contidas nos livros didáticos de Química aprovados no Plano Nacional de Livro Didático (PNLD) 2018. Assim, na intenção de estudar essas imagens fotográficas buscamos, como objetivo geral, caracterizar as imagens fotográficas que contribuem para o ensino de Cinética Química nestes livros e investigar suas contribuições na compreensão dos conceitos químicos abordados. Para que este objetivo geral seja alcançado, fez-se necessário: I) Identificar na seção do conteúdo de Cinética Química todas as imagens fotográficas veiculadas nos livros didáticos de química; II) Caracterizar as imagens fotográficas sob a perspectiva das categorias: distribuição da imagem na página, legenda, relação texto-imagem e temática; III) Analisar as imagens fotográficas a partir dos significados representacional, interacional e composicional da Gramática do Design Visual; e IV) Identificar as contribuições das imagens fotográficas para o processo de significação do conteúdo de Cinética Química. Partimos dos questionamentos: De que forma as imagens fotográficas acerca do conteúdo de Cinética Química nos livros didáticos de Química são apresentadas? De que forma essas imagens fotográficas podem contribuir para o processo de significação dos conceitos de Cinética Química? Para a construção do referencial teórico nos respaldamos em Santaella (2012), Costa (2013), Kossoy (2007), Shimoda (2009) acerca dos estudos sobre a leitura e linguagem da imagem fotográfica e na Gramática do Design Visual de Kress e van Leeuwen (2006). Este estudo enquadra-se na modalidade de pesquisa quantitativa, caracterizada, em relação aos seus procedimentos e métodos, como uma pesquisa de análise documental (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). Os procedimentos e métodos foram definidos em: 1) mapeamento do nosso objeto de estudo; e 2) análise das imagens fotográficas seguindo os pressupostos teóricos elaborados por Kress e Van Leeuwen (2006) na Gramática de Design Visual. Desse modo, observa-se a necessidade na preparação adequada dos professores (em formação e formados) para compreenderem as imagens fotográficas dentro do contexto de ensino, como um texto não verbal organizado com uma gramática, que necessita de uma leitura criteriosa. Tal constatação nos direcionou à construção do nosso Produto Educacional que estabelece orientações, que se revelaram importantes, para a seleção e leitura de imagens fotográficas na construção de abordagens para o ensino de química.

Palavras-chave: Livros Didáticos de Química, Imagem fotográfica, Cinética Química.

ABSTRACT

The study of the image language, especially the photographic language, in a didactic interrelationship with chemical science and its language becomes opportune, mainly, to allow the visualization, although macroscopic of the chemical knowledge, but also to enable the approach of the specific language of this science. In view of this, this work takes the object of study the photographic images contained in the textbooks of Chemistry approved in the Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018. Wherefore, in the intention to study these photographic images we seek to characterize the photographic images that contribute to the teaching of Chemical Kinetics in these books and to investigate their contributions in the understanding of the chemical concepts addressed. In order for this general objective to be achieved, it was necessary to: I) Identify in the section of the content of Chemical Kinetics all the photographic images conveyed in the textbooks of chemistry; II) To characterize the photographic images from the perspective of the categories: distribution of the image in the page, legend, text-image relation and thematic; III) Analyze the photographic images from the representational, interactional and compositional meanings of the Visual Design Grammar; and IV) To identify the contributions of the photographic images to the process of signification of the content of Chemical Kinetics. We begin with the questions: How are the photographic images on Chemical Kinetics presented in the textbooks of Chemistry? How can photographic images contribute to the process of meaning of the concepts of Chemical Kinetics? In order to construct the theoretical reference, we support in Santaella (2012), Costa (2013), Kossoy (2007), Shimoda (2009) on the studies on reading and language of the photographic image and on The Visual Design Grammar of Kress and van Leeuwen (2006) as a theoretical and methodological contribution. This study is part of the qualitative research modality, characterized in relation to its procedures and methods, as a research of documentary analysis (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). The procedures and methods were defined in 1) mapping of our object of study; and 2) analysis of photographic images following the theoretical assumptions elaborated by Kress and Van Leeuwen (2006) in Grammar of Visual Design. However, there needs to be adequate preparation of teachers (in training and trained) to understand the photographic images within the context of teaching, such as a visual text organized with a grammar, which needs a careful reading. This observation leads us to the construction of the Educational Product that establishes guidelines, which proved to be important, for the selection and reading of photographic images in the construction of approaches to teaching chemistry.

Keywords: Chemistry Textbooks, Photographic Image, Chemical Kinetics.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Lista de livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2018.	43
Quadro 2: Definição das categorias.	44
Quadro 3: Subcategorias para a análise da distribuição das fotografias nas páginas.	44
Quadro 4: Subcategorias para análise da legenda.	45
Quadro 5: Subcategorias para análise da relação texto-imagem.....	45
Quadro 6: Subcategorias para análise da temática.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dimensões do espaço visual segundo Kress e van Leeuwen (2006).	35
Figura 2: Exemplo de codificação da imagem fotográfica.	48
Figura 3: Síntese das categorias de mapeamento do corpus de pesquisa.	49
Figura 4: Síntese dos significados representativos da Gramática do Design Visual.	50
Figura 5: Síntese dos significados interativos da Gramática do Design Visual.	50
Figura 6: Síntese dos significados composicionais da Gramática do Design Visual.	50
Figura 7: Classificação das fotografias quanto à distribuição na página.	53
Figura 8: Fotografias quanto à distribuição na página.	54
Figura 9: Classificação das fotografias quanto à legenda.	56
Figura 10: Fotografia sem legenda.	57
Figura 11: Fotografia quanto à legenda nominativa.	58
Figura 12: Fotografia quanto à legenda explicativa.	59
Figura 13: Fotografias quanto à legenda problematizadora.	60
Figura 14: Classificação das fotografias quanto à relação texto-imagem.	61
Figura 15: Fotografia quanto à relação texto-imagem direta.	62
Figura 16: Fotografia quanto à relação texto-imagem conectiva.	64
Figura 17: Imagens fotográficas classificadas quanto à temática.	65
Figura 18: Fotografias com a temática História da Ciência.	67
Figura 19: Classificação das fotografias quanto à temática.	68
Figura 20: Fotografias com a temática analogia.	69
Figura 21: Fotografia com a temática fenômeno da natureza.	69
Figura 22: Fotografia com a temática técnico-experimental.	70
Figura 23: Fotografias com as temáticas (a) e (c) atividades cotidianas e (b) uso e aplicação de produtos/materiais químicos.	70
Figura 24: Representação gráfica de dados, Significado representacional.	72
Figura 25: Fotografia caracterizando Processo Narrativo.	73
Figura 26: Representação gráfica de dados, Processos Conceituais.	74
Figura 27: Fotografias caracterizando Processo Conceitual Analítico.	75
Figura 28: Fotografia caracterizando Processo Conceitual Simbólico.	77
Figura 29: Fotografia caracterizando Processo Conceitual Analítico.	78
Figura 30: Representação gráfica de dados, Significado Interacional subcategoria contato.	79

Figura 31: Imagem fotográfica que estabelece a interação por Oferta.....	80
Figura 32: Imagem fotográfica que estabelece a interação por Oferta.....	81
Figura 33: Imagem fotográfica que estabelece a interação por Demanda.	82
Figura 34: Representação gráfica de dados, Significado Interacional subcategoria Distância Social.....	83
Figura 35: Fotografias quanto à Distância Social: (a) Plano Fechado, (b) Plano Médio e (c) Plano Aberto.	84
Figura 36: Representação gráfica de dados, Função interativa subcategoria atitude.	85
Figura 37: Imagem fotográfica que estabelece a interação por Ângulo Vertical nível alto.	86
Figura 38: Imagem fotográfica que estabelece a interação por Ângulo Vertical nível baixo.....	87
Figura 39: Fotografia para análise integrada dos três significados Representacional, Interacional e Composicional.	89
Figura 40: Fotografia para análise integrada dos três significados Representacional, Interacional e Composicional.	90

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 IMAGEM FOTOGRÁFICA E EDUCAÇÃO	15
2.1 A imagem fotográfica	18
2.2 A Gramática do Design Visual como proposta de leitura da imagem fotográfica na Educação Química	23
3 A GRAMÁTICA DO DESIGN VISUAL.....	25
3.1 Significados Representacionais	27
3.1.1 Representações Narrativas	28
3.1.2 Representações conceituais	30
3.2 Significados Interacionais.....	31
3.3 Significados Composicionais.....	34
4 AS IMAGENS VISUAIS NO CONTEXTO EDUCACIONAL.....	36
5 DESENHO E METODOLOGIA DA PESQUISA.....	42
5.1 Configuração do <i>corpus</i> de análise	43
5.2 Ferramentas de análise.....	44
5.3 Procedimentos metodológicos	46
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
6.1 Mapeamento do <i>corpus</i> da pesquisa	52
6.2 Imagens fotográficas sob a perspectiva da Gramática de Design Visual (GDV).71	
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
PRODUTO EDUCACIONAL.....	96
REFERÊNCIAS.....	103

1 INTRODUÇÃO

O ensino de química é visto por muitos educadores e pesquisadores como um desafio frente a correlação entre o comportamento de átomos e moléculas (dimensão submicroscópica) e as propriedades das substâncias (sistema macroscópico), representada por uma linguagem específica para a interpretação dos conceitos e fenômenos químicos, que descreve através de modelos, símbolos, fórmulas estruturais, equações, gráficos e imagens, as coisas do mundo como compreendidas pelo químico. Nessa direção, a interrelação entre o mundo químico e a linguagem torna-se essencial, pois conforme aponta Vigotsky (2000), toda linguagem desenvolve-se na mesma medida que as estruturas do pensamento evoluem do concreto para o abstrato e vice-versa. Diante disso, a necessidade de aprender a linguagem química para compreender esta ciência é tida como condição fundamental.

Todavia, não somente a química e seu ensino, mas a educação contemporânea toma sua forma marcada por situações de comunicação em que vários tipos de linguagens interagem para a construção de significados, trabalhando ao mesmo tempo em uma inter-relação didática e que precisam ser entendidos como um conjunto para a aprendizagem. Santaella (1990) acrescenta:

O nosso estar-no-mundo, como indivíduos sociais que somos, é mediado por uma rede intrincada e plural de linguagem, isto é, que nos comunicamos também através da leitura e/ou produção de formas, volumes, massas, interações de forças, movimentos; que somos também leitores e/ou produtores de dimensões e direções de linhas, traços, cores [...] (SANTAELLA, 1990, p.11).

Neste cenário, os livros didáticos ocupam papel central, de modo que são organizados a partir de uma diversidade de linguagens: verbal (texto escrito), matemática (equações, gráficos, tabelas, notações) e imagética (desenhos, charges, tirinhas, fotografias, mapas diagramas). E mais, exercem forte influência na formação intelectual dos alunos e na prática dos professores (PRALON, 2012).

No contexto escolar, antes de 1990 as imagens no livro didático não eram valorizadas (SANTOS; SILVA, 2013). Um olhar mais atento para as imagens insere-se a partir dos critérios avaliativos das obras didáticas, pedagógicas e literárias, entre outros materiais de apoio à prática educativa, submetidas à avaliação por meio de um Edital de Inscrição no Programa Nacional do Livro Didático e do Material Didático

(PNLD)¹, Programa voltado à distribuição de obras didáticas aos estudantes da rede pública de ensino brasileira. Este considera a imagem um elemento muito relevante na obra e define como critérios que as imagens devem:

- a) ser adequadas às finalidades para as quais foram elaboradas;
- b) ser claras e precisas;
- c) retratar adequadamente a diversidade étnica da população brasileira, a pluralidade social e cultural do país;
- d) quando, de caráter científico, respeitar as proporções entre objetos e seres representados;
- e) estar acompanhadas dos respectivos créditos e da clara identificação da localização das fontes ou acervos de onde foram reproduzidas;
- f) apresentar títulos, fontes e datas, no caso de gráficos e tabelas;
- g) apresentar legenda, escala, coordenadas e orientação em conformidade com as convenções cartográficas, no caso de mapas e outras representações gráficas do espaço. (BRASIL, 2015, p. 35).

Outro aspecto relevante é a presença das imagens também como referência em avaliações externas do Ministério da Educação – Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), Prova Brasil e Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) – que na elaboração das questões buscam avaliar as competências previstas, por exemplo, a compreensão dos estudantes de “[...] informações de natureza científica e social obtidas da leitura de gráficos e tabelas, realizando previsão de tendência, extrapolação, interpolação e interpretação”. Ainda, se os estudantes são capazes de “relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação [...]” ou “analisar, interpretar e aplicar recursos expressivos das linguagens, relacionando textos com seus contextos, mediante a natureza, função, organização, estrutura das manifestações, de acordo com as condições de produção e recepção” (BRASIL, 2012).

Desde a invenção e popularização de técnicas de produção, como a fotografia, seguida do cinema, televisão, vídeo, e agora em plena efervescência dos meios digitais, com suas variadas interfaces – computadores *desktops*, *smartphones*, iPhones, iPads – o ser humano está rodeado de imagens por todos os lados do seu

¹ O Decreto nº 9.099, de 18 de julho de 2017, unificou as ações de aquisição e distribuição de livros didáticos e literários, anteriormente contempladas pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e pelo Programa Nacional Biblioteca da Escola (PNBE). Com nova nomenclatura, o Programa Nacional do Livro e do Material Didático – PNLD também teve seu escopo ampliado com a possibilidade de inclusão de outros materiais de apoio à prática educativa para além das obras didáticas e literárias: obras pedagógicas, softwares e jogos educacionais, materiais de reforço e correção de fluxo, materiais de formação e materiais destinados à gestão escolar, entre outros. Fonte: <http://portal.mec.gov.br>.

cotidiano e também passam a ser disseminadas nos espaços da escola como um elemento importante nos processos educativos, na forma de desenhos, fotografias, diagramas, gráficos, esquemas e charges e se veem codificadas desde o momento em que passam a existir, seja nos livros, incluindo os livros didáticos, nas páginas de jornais e revistas, álbuns, expostas nas paredes de uma instituição, Internet, outdoors, televisão.

Pralon e Gouvêa (2009) dedicam um olhar mais atento para as fotografias ao investigarem as imagens presentes em uma coleção didática de Ciências e constatarem que cerca de 40% da superfície impressa dos quatro livros da coleção encontrava-se ocupado por imagens. Ao direcionar seu estudo nas imagens referente à saúde, as autoras, ainda constataram que, dentre os diferentes tipos de imagens encontrados, as fotografias se destacavam representando mais de 60%.

Desse modo, acreditamos que o estudo das imagens, especificamente as imagens fotográficas, numa inter-relação didática com a ciência química se faz necessário, sobretudo, dado ao 'traço do real' que este recurso visual toma como referência, dado ao seu valor documental, caracterizado pelo seu uso histórico, "o expectador acredita, não que o que ele vê real, mas, que o que vê existiu, ou pôde existir no real" (AUMONT, 1993, p. 111).

Trata-se de desenvolver, não apenas, a observação dos aspectos e elementos visuais (linhas e direções, suas escalas e volumes, cores, forma, textura, movimento, seleção de enquadramentos, de pontos de vista, proximidade e afastamento, de ângulos) que constituem a produção da imagem fotográfica, mas compreender que esta não só representa, mas também informa e desvela uma determinada visão de mundo (PRALON, 2012).

Diante de todo o exposto, o presente estudo tem como objeto de análise as imagens fotográficas presentes nos livros didáticos de Química aprovados no PNLD 2018, especificamente as imagens fotográficas que representam o ensino de Cinética Química nos livros didáticos de Química constituiriam nosso *corpus* de análise. A escolha da seção de ensino de Cinética Química foi pela sua importância para a formação básica em química e pela sua projeção no cotidiano e no ambiente de professores e estudantes.

Outro ponto que nos levou a escolha do conteúdo Cinética Química é a sua quase ausência em pesquisas de ensino, constatada por Zappe e Sauerwein (2016)² por meio de um levantamento nos principais periódicos nacionais na área de ensino das Ciências entre 1995 e 2014, no qual 14 artigos que abordavam investigações relacionados ao ensino de Cinética Química foram selecionados.

Partimos dos questionamentos: De que forma as imagens fotográficas acerca do conteúdo de Cinética Química nos livros didáticos de Química aprovados no PNLD 2018 são apresentadas? De que forma as imagens fotográficas podem contribuir para o processo de significação dos conceitos de Cinética Química?

O objetivo geral deste estudo foi: Caracterizar as imagens fotográficas que representam o ensino de Cinética Química nos livros didáticos de Química para o Ensino Médio e investigar suas contribuições na compreensão dos conceitos químicos abordados. Para que este objetivo geral seja alcançado, fez-se necessário: I) Identificar na seção do conteúdo de Cinética Química todas as imagens fotográficas veiculadas nos livros didáticos de química; II) Caracterizar as imagens fotográficas sob a perspectiva das categorias: distribuição da imagem na página, legenda, relação texto-imagem e temática; III) Analisar as imagens fotográficas a partir dos significados representacional, interacional e composicional da Gramática do Design Visual; e IV) Identificar as contribuições das imagens fotográficas para o processo de significação do conteúdo de Cinética Química.

Para atingir o propósito deste trabalho, esta dissertação foi dividida em cinco sessões, mais o Produto Educacional. A primeira sessão, Imagem Fotográfica e Educação, apresenta uma breve descrição acerca das imagens, especificamente a imagem fotográfica e apontamentos para uma leitura da imagem, seguindo pressupostos teóricos de Santaella (2012), Costa (2013), Kossoy (2007) e Shimoda (2009). A segunda sessão, fundamenta o aporte teórico-metodológico desenvolvido neste estudo, a Gramática do Design Visual, de Kress e van Leeuwen (2006).

A terceira sessão apresenta os aspectos metodológicos que conduziram a presente investigação, assim como a proposta de análise dos dados construídos. A quarta sessão discute os dados construídos nos processos metodológicos da

² Zappe e Sauerwein (2016) investigaram artigos publicados relacionados ao ensino de Cinética Química nos periódicos nacionais: *Ciência & Educação*, *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, *Investigações em Ensino de Ciências*, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências e Química Nova na Escola*.

pesquisa, a partir de análises baseadas no mapeamento do *corpus com* categorias construídas e na Gramática do Design Visual, de Kress e van Leeuwen (2006). Na quinta sessão são apresentadas as considerações finais do estudo. Por fim, apresentamos o Produto Educacional deste trabalho, um guia de orientações para a leitura e seleção de imagens fotográficas.

2 IMAGEM FOTOGRÁFICA E EDUCAÇÃO

Como um dos principais mecanismos de comunicação entre os homens, as imagens se fazem presentes desde a pré-história com o surgimento das pinturas rupestres. As imagens assumiram, ao longo da história da humanidade, diferentes formas nos mais variados suportes e técnicas, tais como: “madeira, pedras, argila, osso, couro, materiais orgânicos em geral, metais, papeis, acetatos, suportes digitais, [...] desenho, pintura, escultura, fotografia, cinema, televisão, web [...]” (RAMOS, 2007, p.1). Tais suportes e técnicas satisfizeram as necessidades de um povo e de sua época, compartilhando significados, crenças e valores que se tornaram coletivos, moldando uma visão de mundo (COSTA, 2013).

Mas o que é imagem? Numa das definições mais antigas, Platão, em sua obra *A República*, no livro VI, define as imagens como “mundo visível”. Para o filósofo, imagens, “em primeiro lugar, são as sombras, depois os reflexos que vemos na água ou na superfície de corpos opacos, polidos, brilhantes, e todas as representações desse gênero”. Sobre essa definição, Santaella (2012, p.15) conclui: “Primeiro, ele se refere às imagens naturais e não às imagens produzidas pelos seres humanos. Segundo, mesmo sendo natural, a imagem é um duplo, quer dizer, ela reproduz características reconhecíveis de algo visível”. Joly (2003, p.14) também comentou a definição de Platão, acrescentando “que a imagem seria um objeto segundo com relação a um outro que ela *representaria* de acordo com certas particularidades”.

Flusser (1985), em seu clássico livro *Filosofia da caixa preta*, define imagem como superfície que pretende representar algo presente no espaço e no tempo e, portanto, são resultado do esforço de se abstrair duas das quatro dimensões espaço temporais, a fim de conservar apenas a dimensão do plano.

Assim, para o autor a origem da imagem localiza-se na capacidade de abstração que chamamos de imaginação, conceituando-a como: “a capacidade de codificar fenômenos de quatro dimensões em símbolos planos e decodificar as mensagens assim codificadas. Imaginação é a capacidade de fazer e decifrar imagens” (FLUSSER, 1985, p.13).

Embora definir imagem não seja uma tarefa fácil, devido a toda a subjetividade que a envolve, a palavra ‘imagem’ origina-se do latim *Imago*, é uma representação, construída pelo homem (MENDES, 2006).

As imagens estiveram presentes nas relações entre os homens, mesmo após a invenção da escrita. Por muito tempo a leitura e a escrita foi um importante recurso de inserção social e de acesso à cultura, mas privilégio de poucos e elemento de distinção social.

Segundo Costa (2013, p.19),

Já na Antiguidade, funcionários de origem plebeia, incumbidos de ler e escrever, gozavam de respeito e distinção. Na Idade Média, numa Europa ainda iletrada, a Igreja defendia o monopólio da linguagem escrita como um privilégio divino. Na sociedade moderna, burguesa e arrivista, a alfabetização passou a ser um salvo-conduto para o trabalho e a mobilidade social. Passou a ser tão importante saber ler que algumas crianças, na França, foram batizadas com o nome de Liseu, que significava algo como “eu sei ler”. A competência para a leitura já se transformava em certa forma de domínio.

Porém, a partir do século XIX, com a expansão do capitalismo e a preparação para a globalização, encontrava-se uma sociedade complexa e múltipla: povos que se expressavam por diversos idiomas, alguns com sistemas de escrita peculiares, outros sem qualquer forma de representação gráfica. Tinha-se um novo cenário, que exigia que povos com diferentes idiomas se expressassem de uma maneira comum, abalando o modelo de nação e de cultura desenvolvido na Europa.

Segundo Rodrigues (2007, p. 69),

O século XX foi marcado pelo desenvolvimento de tecnologias e ideias que levaram à maior compreensão da imagem e de sua importância não só como meio de comunicação, mas como auxiliar significativo para as tarefas de pesquisa e ensino. A imagem deixou de se ser apenas arte e transformou-se em informação e conhecimento. Expandiu-se por meio de jornais, revistas científicas e de entretenimento, televisão e fotografia. As novas tecnologias computacionais desenvolveram maiores possibilidades de produção e uso de imagens, permitindo uma hipermediação com outros modos de comunicação.

O desenvolvimento tecnológico, em especial de tecnologias de registro de imagens, como a fotografia e o cinema, permitiram uma expansão na produção e uso, “o universalismo da linguagem visual aparece como uma possibilidade de se alcançar um maior número de pessoas, rompendo-se as fronteiras do nacionalismo: fotos, filmes e programas de TV unem audiências do mundo todo sob as mesmas

mensagens” (COSTA, 2013, p. 38). É incalculável a quantidade de imagens sendo produzidas atualmente e colocada ao alcance do público.

Assim como as palavras, a imagem é polissêmica, isto é, pode apresentar diversos significados. Segundo Rodrigues (2007, p. 69), “a criação de imagens vincula-se a uma causa ou a um fim específico”, e “traz múltiplos sentidos e interpretações que são significados pelos espectadores” (PEDROSA e COSTA, 2017, p. 90).

Elas [Imagens] podem ter por finalidade aguçar e ampliar nossa capacidade perceptiva, regenerar nossa sensibilidade visual – uma das razões da arte, entre outras. Embora o fator documental seja preponderante na fotografia, ela também pode preencher outras funções, inclusive artística. Mas as imagens também podem servir à captura do nosso desejo por adquirir produtos veiculados pela publicidade, para a qual as imagens são imprescindíveis. Finalidade distinta é aquela a que as ilustrações de livros se prestam, sobretudo as de cumprir a tarefa de ilustrar as informações transmitidas pelo texto verbal. Já as imagens no design devem ser indicadoras do modo como os produtos servirão ao uso a que se destinam. (SANTAELLA, 2012, p. 20).

Restringindo ao território da visualidade, Santaella (2012, p. 16-17) indica, pelo menos três domínios principais da imagem, a saber:

1. O domínio das imagens mentais, imaginadas e oníricas. Estas brotam do poder de nossas mentes para configurar imagens. Elas não precisam ter necessariamente vínculos com imagens já percebidas. A mente é livre para projetar formas e configurações não necessariamente existentes no mundo físico;
2. O domínio das imagens diretamente perceptíveis. Essas são as imagens que aprendemos do mundo visível, aquelas que vemos diretamente da realidade em que nos movemos e vivemos;
3. O domínio das imagens como representações visuais. Elas correspondem a desenhos, pinturas, gravuras, fotografias, imagens cinematográficas, televisivas, holográficas e infográficas (também chamadas de “imagens computacionais”).

As imagens correspondentes a representações visuais podem ser divididas em duas categorias, que se diferenciam pelo sistema de produção: *imagens tradicionais*, que são semelhantes aos processos artesanais – pintura, desenhos, escultura etc. -; e, *imagens técnicas*, realizadas principalmente com o uso de equipamentos que interferem de forma significativa no seu processo de produção. Nesse grupo se encontram a fotografia, o cinema e as imagens digitais (COSTA, 2013).

Em meio à diversidade nos vários territórios da imagem, interessa-nos neste trabalho, o da imagem como representação visual, especificamente a fotografia, levando em conta a importância da visão, a educação do olhar, para a percepção humana. Nas palavras de Costa (2013, p. 51):

Para utilizarmos em nossas formas de conhecimento e aprendizado a leitura de imagens, não precisamos ser conhecedores de artes plásticas, nem consumidor contumaz da arte contemporânea, pois, nas mais diferentes épocas e com diversas finalidades, o homem tem se expressado plasticamente igual com igual sucesso.

Dessa forma, encontramos em Costa (2013) uma defesa da inclusão do uso de linguagens visuais como elemento mediador nos processos de desenvolvimento humano e construção do conhecimento, entre eles a aprendizagem.

2.1 A imagem fotográfica

Fotografia, conforme a origem grega das palavras *foto* = luz, *grafia* = escrita, significa, literalmente, 'escrever com a luz' (SHIMODA, 2009). Na visão das autoras Lima e Silva (2002, p.7) imagem fotográfica seria:

Uma combinação de luzes, penumbras e sombras que, em frações de segundos, se transforma num elemento visível e interpretável. Protagonista de incontáveis feitos científicos, artísticos, religiosos, psicológicos e afetivos do homem, é utilizada para captar, emocionalmente, documental e plasticamente, a rotina de sociedades de origens e histórias diversas.

Aliada à tecnologia, vem permitindo aos fotógrafos registrarem o modo de viver (costumes, rituais, estímulos culturais e simbólicos), de pensar (filosofia), de sentir e de agir do homem, e de tudo o que está ao seu redor. Os fatos, a natureza em geral, e os personagens que servem como objeto de inspiração são fotografados pelo fotógrafo que expõe sua interpretação visual do mundo.

Vilém Flusser (1985), define fotografia como “imagem técnica”:

Trata-se de imagem produzida por aparelhos. Aparelhos são produtos da técnica que, por sua vez, é texto científico aplicado. Imagens técnicas são, portanto, produtos indiretos de textos – o que lhes confere posição histórica e ontológica diferentes das imagens tradicionais. (FLÜSSER, 1985, p.11).

Santaella (2012, p. 70) preferiu chamar a fotografia de *“imagem tecnológicas”*. Segundo a autora, *“a técnica é um saber fazer, de acordo com passos que se integram uns aos outros até a compleição de um todo. Já a tecnologia se dá quando uma máquina integra uma técnica no seu processo, provocando sua automotização”*.

Shimoda (2009) aponta que a fotografia não pode ser compreendida como uma invenção isolada de um ou de alguns pesquisadores ou inventores em algum lugar. O conjunto técnico da tecnologia da fotografia desenvolveu-se pela humanidade ao longo da história. A junção histórica do conhecimento do fenômeno óptico obtido pela câmera escura (formação de imagens por projeção luminosa), a fabricação de lentes convexas, a propriedade de alguns elementos químicos que reagem quando expostos a luz, permitiram o advento da tecnologia fotográfica como a conhecemos hoje (SHIMODA, 2009).

Santaella (2012, p.72) refere-se à câmera fotográfica como uma espécie de órgão sensitivo que tenta imitar o funcionamento do olho humano; como uma extensão mecânica do nosso olho. A autora descreveu suas semelhanças:

O diafragma da câmera, que controla a quantidade da luz, imita a íris, órgão capaz de receber os comprimentos de onda de cada cor, decodificando-os para diferenciar o claro do escuro e as distinções das cores. A lente da câmera imita o cristalino, que é responsável por focalizar as imagens que vemos e mudar a cor. A retina encontra sua correspondência na parte de trás da câmera, uma superfície fotossensível sobre a qual se forma a imagem. As imagens são fixadas por meio de gradações tonais que vão do branco ao preto, da luz à escuridão e de um tempo maior a menor de exposição. (SANTAELLA, 2012, p.72-73).

As semelhanças no processo de construção da imagem pela câmera fotográfica e pelo olho humano, pressupõe desenvolver um trabalho pedagógico integrado às expressões de nossa subjetividade por meio das imagens técnicas produzidas. Encontramos em Costa (2013) uma defesa da inclusão da imagem fotográfica como elemento mediador na construção do conhecimento. Nas palavras de Costa (2013, p. 29):

Os estudos sobre imagens mostram que ela tem na cultura humana, uma função muito mais complexa do que na vida de outras espécies animais. Além de reconhecer amigos e inimigos, de diferenciar presas de predadores, de situar os seres num espaço de onde podem entrar e sair, as imagens mentais que obtemos de nossa relação com o mundo podem ser armazenadas, constituindo nossa memória, podem

ser analisadas pela nossa reflexão e podem se transformar numa bagagem de conhecimento, experiência e afetividade. E mais, desenvolvemos técnicas que nos permitem expressar todo esse movimento interno, mental e subjetivo através de outras imagens, estas criadas por nós.

Sobre a prática fotográfica, o professor de fotografia Michael Langford, da britânica Royal College of Art, definiu como “um conjunto de ciência prática, imaginação, habilidade técnica e capacidade organizativa” (2009, p.19 *apud* SHIMODA, 2009, p. 12).

Embora, habitualmente o processo de leitura da imagem fotográfica seja a de ser apreendida com um olhar apressado, a fotografia encerra complexidades que temos de aprender a explorar. Segundo Santaella (2012, p.13-14),

Aprender a ler imagens, desenvolver a observação de seus aspectos e traços constitutivos, detectar o que se produz no interior da própria imagem sem fugir para outros pensamentos que nada têm a ver com ela. Ou seja, significa adquirir conhecimentos correspondentes e desenvolver sensibilidade necessária para saber como as imagens se apresentam, como indicam o que querem indicar, qual o seu contexto de referência, como as imagens significam, como elas pensam, quais são seus modos específicos de representar a realidade.

E mais,

No contexto institucional da escola, alfabetização visual significa desenvolver habilidades envolvidas na leitura de imagens, de modo a levar ao compartilhamento de significados atribuídos a um corpo comum de informações. Ainda bastante presas à ideia de que o texto verbal é o grande transmissor de conhecimentos, as escolas costumam negligenciar a alfabetização visual de seus educandos.

Nesse sentido, Costa (2013) destaca que a educação tem que rever o domínio no texto escrito e adentrar o campo das imagens e das linguagens tecnológicas. Entretanto, desde a invenção e popularização da fotografia, seguida do cinema, televisão, vídeo, e agora em plena efervescência dos meios digitais, com suas variadas interfaces, passam, também, a serem disseminadas nos espaços da escola como um elemento importante nos processos educativos.

A imagem fotográfica possui uma linguagem visual própria e seus elementos podem ser manipulados por quem a produz. Como elementos da linguagem

fotográfica temos: planos (corte e enquadramento), foco, movimento, forma, ângulo, cor, textura, iluminação, perspectiva, equilíbrio e composição.

Qualquer conteúdo fotografado pode, e deve, ser explorado em profundidade (PEDROSA; COSTA, 2017), investigado, considerando os diferentes elementos constitutivos, denominado por Kossoy (2007) de “desmontagem da imagem” e “códigos da imagem fotográfica”, que nos orienta “como uma espécie de roteiro de observação que, quando aplicado, nos leva a descobrir os recursos de que a fotografia dispõe para gerar seus significados” (SANTAELLA, 2012, p.97). Assim, a desmontagem sugerida por Kossoy (2007) implica descortinar a imagem em seus elementos, que se juntam para formar o todo visível em uma estrutura de sentido.

Costa (2013, p. 87) tece os seguintes comentários sobre a leitura da imagem fotográfica:

[...] nós, observadores, somos dotados da competência para a leitura de imagens e que é essa competência que faz das imagens unidades coerentes e com sentido. Utilizamos nesse processo não só nosso olhar, mas nossa capacidade de comparação, de fazer analogias e de desenvolver memória visual. Esse processo complexo resulta em inúmeras informações que podem ser organizadas em diferentes níveis:

1. informações técnicas: são as informações que nos permitem distinguir uma foto colorida de outra em branco e preto, uma antiga de outra atual. Quanto mais conhecemos a respeito do processo fotográfico, mais dados técnicos somos capazes de perceber ou obter;

2. informações visuais: são aquelas que dizem respeito à configuração da imagem, ou seja, como ela foi concebida e os critérios estéticos utilizados. Nesse conjunto de dados está a identificação do fotógrafo e da maneira como ele organizou os elementos plásticos da imagem: qual o recorte que ele deu à cena, o que colocou ao centro, como utilizou a iluminação;

3. informações textuais: são aquelas que obtemos do assunto tratado e da forma como é desenvolvido. É nesse nível que o professor poderá dar as maiores contribuições, ajudando o aluno a compreender aquilo que vê, a partir de informações que ele está capacitado a oferecer;

4. informações contextuais: são as informações que dizem respeito a tudo aquilo que se sabe sobre as razões e intenções do fotógrafo ao criar a fotografia.

Santaella (2012) aponta três níveis para apreensão de uma foto. Antes de tudo, esta produz em nós algum tipo de sentimento, que pode ser imperceptível ou intenso.

É o primeiro nível de apreensão da imagem. Em um segundo nível, identificamos seu motivo pelo reconhecimento de seus traços, de maneira imediata ou não. Somente no terceiro nível de apreensão é que se diferencia “ver fotos” e “ler fotos”.

Ler uma foto é lançar um olhar atento àquilo que a constitui como linguagem visual, com as especificidades que lhe são próprias.[...] Assim, uma vez diante da fotografia, trata-se de buscar a unidade melódica de suas luzes, linhas e direções, suas escalas e seus volumes, seus eixos e suas sombras, enfim, contemplar a atmosfera que ela oferta ao olhar, pois a significação imanente dos motivos e temas fotografados é inseparável do arranjo singular que o fotógrafo escolheu apresentar (SANTAELLA, 2012, p. 80).

Nesta perspectiva, consideramos importante o conhecimento de possibilidades técnicas da linguagem fotográfica, pois estas podem contribuir para o reconhecimento dos elementos visuais nas fotografias.

Sobre o uso pedagógico da fotografia, Costa (2013) aponta que as fotografias, há muito tempo, são usadas como ilustração de livros didáticos ou científicos, como suporte para a compreensão textos verbais e costumam adquirir qualidade documental e informativa. Em contraste ao aumento do uso da fotografia, valorizando as produções, a autora adverte que não tem havido grandes transformações quanto à leitura que se faz delas nas escolas, “ocupa sempre uma posição secundária e todo o seu sentido vem das informações contidas no texto” (Costa, 2013, p.82-83).

As imagens fotográficas são muito utilizadas pelos professores em projeções de *slides* ou *frames* com a finalidade de abordar determinado assunto, possibilitando a visualização de paisagens, cenários, processos, obras de arte ou até acontecimentos históricos.

Costa (2013, p.83) ao defender o uso da linguagem fotográfica na prática educacional, refere-se a um uso bem mais amplo do que o já utilizado no espaço escolar:

Estamos sugerindo que os temas sejam abordados também em sua trajetória imagética, através da qual tiveram suas diferentes faces registradas por fotoamadores ou fotógrafos profissionais que estamparam seu olhar em documentos que hoje fazem parte do acervo de agências e editoras, museus e gavetas de colecionadores. Estamos sugerindo também que os próprios professores e alunos utilizem a fotografia para fazer seus próprios registros, aprendendo a olhar, selecionar e a ver o mundo.

O uso das imagens fotográficas na educação podem ser diversos, como aponta Costa (2013) algumas possibilidades: na apresentação de um tema; na ilustração de um tema; como exercício de fixação; como pesquisa; como exercício de avaliação. Além desses usos, considerados como coadjuvantes na prática pedagógica de diferentes áreas do conhecimento, a autora sugere que a linguagem fotográfica seja assunto da prática educativa:

Dada a importância da fotografia e a sua presença na vida cotidiana de professores e alunos, é essencial que se abra um espaço para fazer dela um tema. Conhecer a fotografia enquanto linguagem, saber sua história, gêneros e usos. Procurar entender seu conteúdo e sua gramática permite que o aluno se situe melhor no mundo que o rodeio e tenha um olhar menos ingênuo em relação a ele. (COSTA, 2013, p.85).

Com base no pensamento dos autores anteriormente citados (KOSSOY, 2007; SANTAELLA, 2012; COSTA, 2013; PEDROSA; COSTA, 2017), pode-se inferir que a leitura da imagem, especificamente da imagem fotográfica, impõe desafios a quem se propõe realizá-la, por aquela possuir uma linguagem e gramática peculiar. A leitura deve ser realizada de forma atenciosa, detalhista, conforme o fim a que se destina, aprofunda-se mais ou menos em seus detalhes informativos, para que se possa atribuir sentidos.

2.2 A Gramática do Design Visual como proposta de leitura da imagem fotográfica na Educação Química

A Educação em Ciências, especialmente a Educação Química, apresentam o conhecimento escolar de natureza abstrata e propõe a comunicação e representação através de imagens que são compostas por signos culturalmente construídos (ALBUQUERQUE, 2018). Entretanto, no processo de ensino-aprendizagem a credibilidade do conhecimento, por muito tempo, esteve atrelada, principalmente, na escrita e na fala (COSTA, 2013).

Nesse contexto, o uso de imagens foi concebido como secundário (COSTA, 2013). Uma imagem, incluindo a imagem fotográfica, é a representação de um objeto,

processo, evento, sistema ou ideia com o intuito de comunicar, sendo utilizada, também, pelos cientistas em seus laboratórios, apresentações e artigos.

Santaella (2012, p. 13) salienta que não cabe instaurar um “combate entre titãs – o verbal e a imagem - [...], com modos de representar e significar a realidade próprios de cada um”, mas compreender que na Educação em Ciências, “a linguagem visual [imagem científica] faz parte do modo de pensar a ciência” (ALBUQUERQUE, 2018, p.40).

No entanto, Santaella (2012) discute que o professor ainda se encontra despreparado para selecionar imagens adequadas para seus objetivos no contexto escolar. Assim, Gouvêa *et al.* (2016), Pedrosa e Costa (2017) e Albuquerque (2018) sinalizam a importância de se estabelecer alicerces na formação de professores para uma produção e leitura das imagens mais fluente, crítica e responsiva, pois, “as imagens fotográficas que chegam às mãos dos nossos alunos, não são transparentes como a princípio se poderia supor, não falam ‘a verdade’ sobre o mundo, mas ‘uma verdade’ sobre o mundo” (PRALON, 2012). Desse modo, Albuquerque (2018, p.56) defende que a imagem ao ser utilizada no ensino seja produzida por professores e estudantes, assim, “o modo de representação seria motivado pelos valores, regras, necessidades e conhecimentos desta comunidade e assim a comunicação seria mais eficaz”.

Com suporte em Albuquerque (2018), Lovato (2010), Dias (2011), Pereira e Terrazzan (2009), Martins *et al.* (2003), Araújo (2011), destacamos os significados propostos por Kress e van Leeuwen (2006) na Gramática do Design Visual como referencial teórico e metodológico para a leitura de imagens fotográficas.

3 A GRAMÁTICA DO DESIGN VISUAL

A proposta de uma gramática visual, de Kress e van Leeuwen (2006), que objetiva orientar a produção e análise de imagens e composições visuais, tem sido amplamente adotada para a análise de textos multimodais, isto é, textos que combinam diferentes códigos semióticos (DIAS, 2011).

Assim como as gramáticas da língua descrevem como as palavras se combinam em orações, sentenças e textos, nossa gramática visual descreverá a maneira como os elementos representados – pessoas, lugares e coisas – se combinam em “enunciados” visuais de maior ou menor complexidade e extensão. (KRESS e VAN LEEUWEN, 2006, p.1 *apud* ALBUQUERQUE, 2018, p. 55)

Os autores consideram que modos semióticos visuais, assim como os verbais, são também construtos sociais e históricos, que servem a propósitos comunicativos e representacionais. Inspirados na Semiótica Social, Kress e van Leeuwen (2006) adaptaram as metafunções de Halliday (1985,1994, 2004) para desenvolver a Gramática do Design Visual (GDV). Segundo os autores, o modelo sistêmico-funcional proposto por Halliday, com suas três funções (ideacional, interpessoal e textual), é um ponto de partida para o estudo das imagens, pois funciona como uma fonte para pensar em todos os modos de representação.

Nesse sentido, Kress e van Leeuwen (2006) adotam a visão de Halliday sobre o conceito de gramática,

Gramática vai além de regras formais de correção. Ela é um meio de representar padrões de experiência. [...] Ela possibilita aos seres humanos construir uma imagem mental da realidade, a fim de dar sentido às experiências que acontecem ao seu redor e dentro deles (HALLIDAY, 1985, p.101 *apud* DIAS, 2011, p. 19).

A partir disso, podemos perceber que o modelo sistêmico-funcional “situa e integra a linguagem em uma perspectiva social, cultural e humana que transcende o caráter prescrito da gramática normativa” (ARAUJO, 2011, p.68). Considera que os indivíduos realizam e constroem significados através de eventos linguísticos (ser, fazer, sentir, por exemplo) com o intuito de significar a experiência humana. Da mesma forma, uma imagem, abstrata ou concreta, pode representar não apenas o mundo,

mas também interagir com ele, independente de um texto escrito para acompanhá-la (DIAS, 2011).

Com base no conceito hallidayano de gramática, a GDV proposta por Kress e van Leeuwen (2006, p.3) inicia definindo duas questões de natureza social: “Qual é o grupo?” “Quais são as suas práticas?”.

Ao definir seu grupo e práticas, ela busca descrever o campo do visual nos seus domínios sintáticos, semânticos e pragmáticos, preservando seu caráter de semioticidade, suas propriedades específicas de constituir e construir seus significados, independente e diferentemente do paradigma linguístico. (ARAUJO, 2011, p. 70)

Para os semioticistas, Kress e van Leeuwen (2006), o texto não verbal é uma mensagem organizada e estruturada em si mesma, “conectada ao texto verbal, mas de forma alguma dependente dele” (KRESS; VAN LEEUWEN, 2006, p.18).

A GDV “não é uma gramática universal” (KRESS e van LEEUWEN, 2006, p.4). Os autores advertem que a GDV é uma gramática culturalmente específica. É uma metodologia de análise voltada para a cultura ocidental, devido aos padrões e convenções institucionalizados (DIAS, 2011; ALBUQUERQUE, 2018).

A perspectiva adotada por Kress e van Leeuwen (2006), da Semiótica Social, considera dois níveis importantes: a representação e a comunicação. Com base nos autores, Dias (2011, p. 20) relata:

A representação é um processo no qual o produtor de um signo, seja adulto ou criança, tenta fazer a representação de algum objeto ou entidade, seja ele físico ou semiótico, no qual o seu interesse naquele objeto para fazer a representação é complexo, estando conectado à história cultural, social e psicológica do produtor e focalizado pelo contexto específico em que esse signo foi produzido. O processo de representação nunca pode ser considerado como o objeto em si, mas como um aspecto do que é representado.

Já a comunicação o processo no qual um produto ou evento semiótico é, ao mesmo tempo, articulado ou produzido e interpretado ou usado. Assim, é necessário que o interpretante tenha conhecimento semiótico para entender a mensagem. A comunicação não acontece somente no polo do produtor, mas também depende do interpretante. Podemos afirmar, então, que a estrutura social está inevitavelmente presente na comunicação.

Como justificativa para a consolidação da Gramática de Design Visual, Kress e van Leeuwen (2006) destacam os seguintes fatores:

o incremento do papel da comunicação visual em materiais didáticos, o avanço das novas tecnologias – como os softwares, cada vez mais acessíveis a indivíduos não especialistas no manuseio e na manipulação de imagens – e o fenômeno da globalização, pois, ao mesmo tempo em que constrói representações semióticas, conforme uma complexa rede de especificidades atribuídas a um povo, demanda entendimento generalizado acerca de seus efeitos semióticos devido à rápida veiculação e consumo dessas representações em todo o mundo (KRESS; VAN LEEUWEN, 2006, p.14 *apud* ARAUJO, 2011, p.73).

Dessa maneira, a GDV irá se ocupar de “textos-objeto” (KRESS; VAN LEEUWEN, 2006, p. 15), incluindo obras de arte, mapas, cartazes, páginas de diferentes meios – de livros a *websites* -, entre outros gêneros.

Considerando esses aspectos fundamentais em um estudo do significado que levam em conta o sentido dentro da vida social, a estrutura básica da GDV corresponde a três aspectos concomitantes de significação, a saber: os significados representacional, interacional e composicional. Cada um desses significados foi pensado a partir dos conceitos hallidayanos. Contudo, considerando que cada um desses meios semióticos possui estruturas e regras próprias, na comunicação verbal, por exemplo, a expressão resulta da seleção de diferentes classes de palavras ou estruturas frasais, enquanto na comunicação visual o conteúdo pode ser expresso pela utilização de diferentes composicionais, como cores, ângulo ou estruturação, por exemplo (KRESS; VAN LEEUWEN, 2006).

Antes de partirmos para a compreensão dos significados, na GDV, o participante pode ser classificado como *interativo* ou *representado*. *Interativo* é aquele que produz ou consome mensagens expostas, e *representado*, aquele que é mostrado na composição visual (KRESS; van LEEUWEN, 2006, p.48). Na sequência, apresentamos, detalhadamente, cada um dos significados e suas categorias.

3.1 Significados Representacionais

Kress e van Leeuwen (2006) defendem que há estruturas visuais que viabilizam a construção de experiências dos indivíduos no mundo, dentro do que chamam de *significado representacional*, que tem a função de representar o mundo, suas ações, estados, abstrações e consciência (DIAS, 2011). Assim, consideram a relação que

ocorre entre os elementos/participantes representados na própria imagem, ou seja, é intra-imagem. Esta função poderá ser narrativa ou conceitual.

3.1.1 Representações Narrativas

Os processos narrativos ou representações narrativas são caracterizados pela realização de ações/eventos ou processos de mudança pelos participantes representados por meio de vetores, que são linhas, imaginárias ou não, formadas entre os participantes representados, transmitindo uma ideia de ação e/ou movimento em andamento.

Acerca do que seria esses vetores nas imagens, Kress e van Leeuwen (2006) explicam:

A característica de uma “proposição” narrativa visual é a presença de um vetor: as estruturas narrativas sempre têm um, as estruturas conceituais nunca têm. Em imagens, esses vetores são formados por elementos representados que formam uma linha oblíqua, muitas vezes uma linha diagonal bastante forte, [...]. Os vetores podem ser formados por corpos ou membros ou ferramentas “em ação”, mas existem muitas outras maneiras de transformar elementos representados em linhas de ação diagonais. Uma estrada que corre diagonalmente através do espaço de imagem, por exemplo, é também um vetor, e o carro que conduz sobre ele é um “ator” no processo de “dirigir”. Em imagens abstratas como diagramas, os processos narrativos são realizados por elementos gráficos abstratos – por exemplo, linhas com um indicador explícito de direcionalidade, geralmente uma seta. Tais características de direcionalidade devem sempre estar presentes se a estrutura for realizada uma representação narrativa: linhas de conexão sem um indicador de direcionalidade formam um tipo particular de estrutura analítica e significam algo como “está conectado a”, “está unido a”, “está relacionado a” (KRESS; VAN LEEUWEN, 2006, p.59 *apud* ALBUQUERQUE, 2018, p.62).

Dessa forma, “assim como na linguagem verbal a narração de uma ação é realizada pelos verbos e o participante pelo grupo nominal, nas imagens, a ação é realizada pelos vetores e os participantes podem ser representados por objetos ou pessoas” (DIAS, 2011, p.21).

Há seis tipos de processos narrativos, de acordo com a GDV: Processo de ação não-transacional e transacional, Reacional não-transacional e transacional, Mental, Verbal, Conversão e Simbolismo Geométrico, como descrevemos a seguir.

O processo de ação é caracterizado pelo o que está sendo realizado, ou seja, quando os participantes representados são conectados por um vetor, eles são mostrados “fazendo algo um para o outro” (KRESS e van LEEUWEN, 2006, p. 59). Esse processo inclui o *ator* da ação (participante que exerce a ação) e a *meta* (participante a que ou a quem a ação é realizada). Logo, o processo que evidencia a ação desses participantes estaria representado por setas, que podem ser estabelecidas pelo olhar, pelo movimento do corpo, por algum objeto ou podem também ser imaginárias. Abaixo definimos cada um desses processos:

i) de ação transacional: quando ocorre a presença de dois participantes, sendo um o ator e o outro a meta, retratando uma ação que ocorre entre duas partes.

ii) de ação não-transacional: quanto há a participação de apenas um participante, o ator.

O tipo de vetor “formado por uma linha de olhar, pela direção do olhar fixo de um ou mais participantes” (KRESS; VAN LEEUWEN, 2006, p. 67) caracteriza o processo de reação. Destarte, “mais do que participar de uma ação, o participante é visto como reagindo ao que olha, passando a ser o *reator*, aquele que reage ao que vê” (DIAS, 2011, p.22). O processo de reação ou reacional pode ser dividido em transacional ou não-transacional, a saber:

i) de reação transacional: a linha do olhar do participante que reage está voltada para uma ação acontecida anteriormente, para o fenômeno. Apresenta dois participantes, o reator e o fenômeno.

ii) de reação não-transacional: a linha do olhar do participante que reage está para um fenômeno fora da imagem, para algo indefinido. Apresenta apenas um participante, o reator.

Além dos processos citados, temos ainda os processos Mentais e Verbais, Conversão, Simbolismo Geométrico e Circunstâncias.

Os processos mentais e verbais são caracterizados com a presença de *vetor*, identificado como balões que representam falas (processo verbal, representado por balão de diálogo) ou pensamentos (processo mental, representado por balão de pensamento) em charges ou histórias em quadrinhos, por exemplo. Aquele que representa, o falante, ou pensador, é denominado *dizente* (seres ou objetos humanizados), enquanto o conteúdo da fala ou pensamento é o *enunciado*.

No processo de conversão, “a comunicação é apresentada em um ciclo no qual o participante, *retransmissor*, é *ator* em relação a um participante e *meta* em relação ao outro, formando estruturas cíclicas, como em diagramas” (DIAS, 2011, p.23).

Os processos de simbolismo geométrico não incluem participantes e o vetor aponta para algo fora da imagem, representando processos abstratos, centrados no modo de dizer.

As circunstâncias apresentam características de acordo com o ambiente em que o participante está alocado, a saber:

- i) *circunstâncias locativas*, que estão relacionadas ao cenário, tais como a utilização de primeiro plano e fundo, intensidade e contraste de cores, nível de detalhamento, sobreposição de elementos, indicando a posição de outros participantes, que, como em outros processos, não precisam ser necessariamente humanos;
- ii) *circunstâncias de meio*, que correspondem aos instrumentos usados na ação. Em geral, é desses instrumentos que partem o vetor;
- iii) *circunstâncias de acompanhamento*, que, neste caso, um participante é apenas acompanhado de outros, sem que haja ação entre eles; portanto, não há presença de vetores entre eles. (DIAS, 2011, p.23).

3.1.2 Representações conceituais

Há composições visuais que não expressam ações, representando os participantes de modo estático, que, segundo Kress e van Leeuwen (2006) são as representações conceituais ou processos conceituais.

Os processos conceituais exibem seus participantes de forma generalista, relativamente estável e atemporal, em termos de classe, estrutura e/ou significado (KRESS e van LEEUWEN, 2006, p.69). São caracterizados, principalmente, pela ausência de vetor, em virtude de representar na imagem a essência da informação (LOVATO, 2010). Podem ser classificados como *classificatórios*, *analíticos* e *simbólicos*, a saber:

O Processo Conceitual Classificatório analisa comparativamente os participantes representados pertencentes a uma mesma categoria ou a um mesmo tema. São representados em termos taxonômicos, e “pelo menos um dos participantes

atuam como *Subordinados* em relação a pelo menos um outro participante, o *Superordinado*” (KRESS; VAN LEEUWEN, 2006, p. 79).

O processo conceitual analítico observa as relações entre parte e o todo, no qual temos a presença de um ou mais participantes, os *portadores*, que se relacionam com os seus *atributos possuídos* (DIAS, 2011). Nesse processo, um dos participantes é chamado de *Carrier* ou *Portador* e suas partes de *Possessive Attributes* ou *Atributos Possuídos*. Logo, o objetivo desse tipo de imagem é identificar o participante, detalhando suas partes, numa relação parte-todo. Assim, caracteriza-se como uma imagem produzida diretamente para o leitor, permitindo interação entre este e o participante representado, possibilitando que os *atributos possuídos* pelo *portador* sejam observados detalhadamente pelo leitor/observador. Segundo Kress e van Leeuwen (2006), essas imagens apresentam função mais interacional do que representacional: “o sistema interacional relativo ao olhar é o dominante: pois o *participante representado* tem seu olhar dirigido para o observador diretamente, estabelecendo assim uma relação imaginária com ele” (KRESS; VAN LEEUWEN, 2006, p. 89 *apud* DIAS, 2011, p.25).

O Processo Conceitual Simbólico representa o significado ou a identidade do participante principal, que apresentam uma atmosfera manipulada (cores, tamanho, silhueta, iluminação, dentre outros), que põe em destaque o *Portador* ou algum de seus *Atributos*. Há ainda, nesse processo, a distinção em processos conceituais *Atributivo* e *Sugestivo*. No primeiro, é ressaltado algum *Atributo* do *Portador*, salientado por sua localização na imagem, tamanho em relação aos outros componentes da imagem, pela cor, foco, iluminação, por exemplo. No segundo, o *Portador*, como um todo, apresenta-se como elemento principal, e a atribuição de significados ocorre por meio da manipulação da constituição visual, através da combinação de cores, tons e luminosidade.

3.2 Significados Interacionais

Diferentemente da função representacional, em que a relação é estabelecida entre os elementos/participantes representados, na função interativa, a relação é estabelecida entre o participante representado (PR), aquele que é mostrado em uma imagem, e o participante interativo (PI), aquele que produz ou observa a imagem

(LOVATO, 2010). Desse modo, o significado interacional ressalta as estratégias de aproximação e afastamento entre os participantes (DIAS, 2011).

No entanto, Dias (2011) ressalta que essa interação entre produtor e observador é representada e imaginária. A autora aponta que, nem sempre aquilo que o produtor espera que seja visto e interpretado numa imagem coincidirá com o que o observador vê. Assim, há “uma disjunção entre o contexto de produção e o contexto de recepção, pois o produtor não está fisicamente presente e o observador está sozinho com a imagem, não podendo, então, estabelecerem uma troca mútua” (KRESS; VAN LEEUWEN, 2006, p. 114 *apud* DIAS, 2011, p.26).

Kress e van Leeuwen (2006) propõe que essas interações ocorrem em quatro dimensões: *contato/olhar*, *distância social*, *atitude/perspectiva* e a *modalidade*.

O *contato* pode ser classificado como *demand* ou *oferta*. Na demanda, o participante representado exige atenção do participante interativo por meio do olhar. Na oferta, o participante representado é mostrado ao participante interativo, não estabelecendo um vínculo com este, como um item de contemplação (LOVATO, 2010), “como se estivesse numa vitrine ou prateleira” (KRESS; VAN LEEUWEN, 2006, p.119).

Quanto à *distância social* determina o grau de distanciamento social entre os participantes da interação. Albuquerque (2018) com base em Kress e van Leeuwen (2006), apresenta uma sistematização para determinar a relação social entre os participantes. Segundo a autora (2018, p. 70): “há três tipos de planos da imagem, do mais focado ao mais ampliado, o que sugere, comparativamente, desde a proximidade até o distanciamento do *participante representado*, com o *participante interativo*”. Dessa maneira, o *participante interativo* pode ver o *participante representado* de três planos distintos: *plano fechado*, *plano médio* e *plano aberto*.

Lovato (2010, p.126), estabeleceu alguns critérios³, tendo como base a discussão proposta por Kress e van Leeuwen (2006):

Classificamos a distância entre *participante interativo* e *participante representado* como *plano fechado*, quando o foco recai sobre o *participante representado* ou uma parte dele com baixa contextualização; *plano médio*, quando podemos vislumbrar todo *participante representado* com contextualização média, a qual permite fazer inferências sobre o contexto; e, por fim, *plano aberto*, quando

³ Lovato (2010) estabeleceu esses critérios com base no *corpus* de sua pesquisa, tendo como critério principal a contextualização, empregada como sinônimo de cenografia.

capturamos não só o *participante representado* como também os elementos que o rodeiam, há uma alta contextualização.

No que tange à *atitude ou perspectiva*, que estabelece o “grau de engajamento entre os participantes *representado* e *interativo* e está relacionada ao ângulo em que o *participante representado* aparece para o *participante interativo*” (LOVATO, 2010, p.119). Esta interação indica a existência de dois tipos de ângulos: o horizontal e o vertical.

O *ângulo horizontal* subdivide-se em *ângulo frontal* e *oblíquo*. Assim, temos: “Ângulo frontal, quando o participante representado está de frente para o participante interativo, sugerindo envolvimento; ângulo oblíquo, quando o participante representado está posicionado numa forma mais lateral, sugerindo distanciamento” (DIAS, 2011, p.29).

O *ângulo vertical* sugere relação de poder instituída entre os participantes, e subdivide-se em três tipos: o *ângulo vertical alto* em que o *participante representado* emite poder sobre o *participante interativo*, neste caso, a imagem é capturada de baixo para cima. Contudo, se o *participante representado* tiver sua imagem retratada de cima para baixo, *ângulo vertical baixo*, o *participante interativo* é descrito como tendo mais poder que o *participante representado*. Por fim, quando os participantes representado e interativo estão no mesmo *nível ocular*, isto é, na mesma altura, a relação de poder é igualitária. (LOVATO, 2010).

Deve-se considerar também a *modalidade*, que corresponde ao valor de verdade e credibilidade, que envolve critérios relacionados à cor, contextualização, à representação, à profundidade, à iluminação e ao brilho.

A partir dessas questões, Kress e van Leeuwen (2006) especificam alguns meios sociais em que as imagens são avaliadas, a saber:

- a) Tecnológico – representação visual por meio de esquemas, podendo servir de modelo ou guia de ações, sob baixa modalidade.
- b) Sensorial – representação visual orientada para provocar emoções impactantes no observador, seja prazer ou desprazer, com abuso da saturação de cores, que vai além da realidade.
- c) Abstrato – representação mais voltada para a arte, que busca despertar no leitor a essência profunda daquilo que ela retrata;
- d) Naturalístico – representação mais próxima do que se convencionou como realidade, estando mais próxima de uma fotografia. (DIAS, 2011, p.30).

Destacamos que uma mesma imagem pode conter vários marcadores, sejam *tecnológicos, sensoriais, abstratos* ou *naturalísticos*.

3.3 Significados Composicionais

A função composicional, terceira função proposta por Kress e van Leeuwen (2006), relaciona os significados representacionais e interativos da imagem entre si por meio de três sistemas inter-relacionados: *valor da informação, saliência e moldura* (KRESS e van LEEUWEN, 2006, p.177).

Esses três princípios da composição se aplicam a um único visual ou também a “visuais compostos que combinam texto e imagem, e talvez, outros elementos gráficos” (KRESS; VAN LEEUWEN, 2006, p.177) como uma página, na televisão ou em uma tela de computador, destaca Dias (2011).

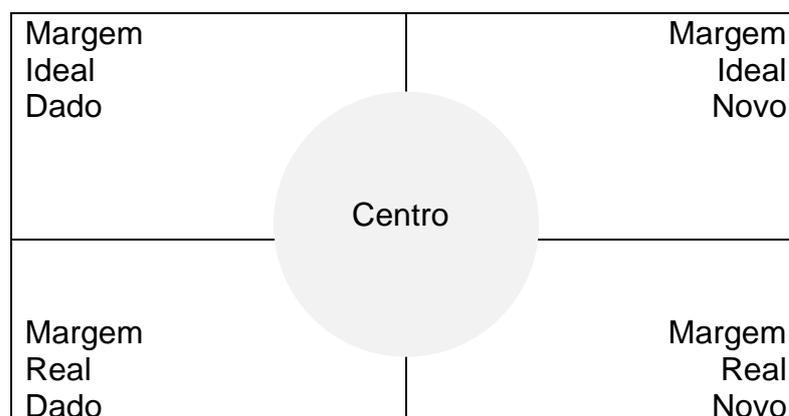
Os significados composicionais irão depender da posição dos participantes dentro da imagem (ALBUQUERQUE, 2018, p. 72) associados às escolhas feitas pelo produtor para compor um texto. Lovato (2010) com base em Kress e van Leeuwen (2006), descreve a subcategoria, *valor da informação*:

O *valor da informação* diz respeito à disposição dos elementos na composição, pode ser descrita em termos de lados *esquerdo* e *direito*. O lado *esquerdo* da composição representa a informação dada (Em inglês, *given*) e o *direito*, a informação nova (Em inglês, *new*). Há também uma distinção entre informação *Real* – no topo da imagem -, trazendo a *promessa* ou *o que pode ser*, e informação *Ideal* – na parte inferior da imagem -, trazendo o *produto* e *o que é*. Por fim, a disposição dos elementos a partir da perspectiva de *Centro* e *Margem* está relacionada tanto ao predomínio e ao destaque de algumas informações quanto à omissão de outras. No *Centro*, está o núcleo da informação e, nas *Margens*, os elementos que são subservientes.

Contudo, Kress e van Leeuwen (2006) ponderam que margens posicionadas simetricamente, apresentam uma configuração que não permite a distinção entre *Dado* e *Novo*, *Ideal* e *Real*. Nesses casos, os valores de informação Novo-Dado e Ideal-Real podem ser combinados com *Centro-Margem*, sendo esse último o mediador dessa relação.

Com base em Kress e van Leeuwen (2006), as referidas dimensões do espaço visual podem ser observadas na Figura 1.

Figura 1: Dimensões do espaço visual segundo Kress e van Leeuwen (2006).



Fonte: Kress e van Leeuwen (2006).

A *saliência* está relacionada ao destaque dado a algum elemento em relação aos demais, dentro da mesma imagem, atraindo a atenção do espectador a partir de diferença de cores, tamanho, contraste, brilho ou nitidez que recebem, independentemente da posição que ocupam em uma composição visual (DIAS, 2011).

A última subcategoria, denominada *framing ou moldura*, refere-se ao recurso do enquadramento utilizado em uma estrutura visual no sentido de conectar ou desconectar seus elementos composicionais. Segundo Dias (2011), as molduras podem ser linhas divisórias, espaços coloridos ou não, ou seja, qualquer marcação que delimite os espaços internos ou as margens de uma imagem. A autora ainda destaca que “a conexão entre os elementos pode também ser realizada por vetores que ligam olhares, por cores ou formas que se repetem em uma composição” (DIAS, 2011, p.33).

Essa sessão teve por objetivo apresentar os significados principais propostos por Kress e van Leeuwen (2006) para a análise de imagens e será utilizado mais adiante para a análise das fotografias contidas nos livros didáticos estudados nessa pesquisa.

4 AS IMAGENS VISUAIS NO CONTEXTO EDUCACIONAL

Ao longo da história de inserção da imagem no contexto escolar, o livro didático (LD) vem se destacando como um importante suporte de veiculação de imagens visuais, devido ao papel que o LD ocupa no processo de ensino e aprendizagem.

Segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009, p. 36),

ainda é bastante consensual que o livro didático, na maioria das salas de aula, continua prevalecendo como principal instrumento de trabalho do professor, embasando significativamente sua prática. Sendo ou não intensamente usado pelos alunos, é seguramente a principal referência da maioria dos professores.

Nesse sentido, convém delimitar o que se entende por livro didático. Segundo Nascimento (2002, p.13), o livro didático é considerado

como um recurso didático impresso, que veicula os conhecimentos científicos gerais e didatizados de uma determinada disciplina. É intencionalmente estruturado para se inserir no processo de ensino e aprendizagem como suporte da educação, voltado para a instrução individual ou em grupo com vistas à formação do estudante em quaisquer etapas de sua vida escolar, independente de faixa etária. (NASCIMENTO, 2002, p.13 *apud* MENDES, 2006, p. 41).

De modo geral, todo livro apresenta uma comunicação visual, que é de chamar a atenção, provocar a interação e promover a leitura. A disposição entre texto e imagem nas páginas do livro didático e a não linearidade possibilita um dinamismo, diferentes pontos de partida, certa mobilidade entre as linguagens que aparecem nas páginas, algo que não era possível, por exemplo, com as obras mais antigas, em que o caminho era linear (ALMEIDA, 2013). A diagramação, criativa e bem planejada, pode resultar positivamente na interação do leitor com o livro, atraindo e despertando para alguma cor, imagem ou forma interessante. Por outro lado, é preciso clareza de que o professor não pode ser refém dessa única fonte, por melhor que venha a tornar-se sua qualidade (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2009) Há outras possibilidade e variedade de materiais e meios disponíveis.

Giordan (1988) aponta que a partir do século XVII as imagens foram incorporadas aos livros didáticos bem como às atividades de divulgação científica. Acerca da divulgação científica, Silva (2009) destaca que as imagens facilitam a compreensão da ciência e que estão presentes nas ilustrações de relatos científicos

feitos por viajantes, navegadores e pesquisadores como, os desenhos de Leonardo Da Vinci da anatomia humana e os de naturalistas e pintores que percorreram o mundo em grandes navegações exploratórias, registrando esboços de animais e plantas, como os botânicos Carl Friedrich Philipp von Mar e Eugen Warming.

Considerando a importância do livro didático no contexto educacional, as imagens visuais presentes no livro didático vem sendo objetos de estudo nas pesquisas. No ensino de ciências se produziram vários estudos que discutem as imagens nos livros didáticos (MARTORANO; MARCONDES, 2009; GOUVÊA; OLIVEIRA, 2010; PERALES; JIMÉNEZ, 2002; ALBUQUERQUE, 2018; MENDES, 2006; MARTINS; GOUVÊA; PICCININI; BUENO; LENTO; PEDRO; PAULO, 2003).

Em um estudo em que analisou livros didáticos de Português, de 5ª a 8ª séries do Ensino Fundamental (atualmente, 6ª a 9ª ano do Ensino Fundamental), nas décadas de 1960, 1970 e 1990, Belmiro (2000) observou a forte influência da Teoria da Comunicação no ensino da Língua Portuguesa, destacando alguns pontos sobre o uso da imagem nos fins dos anos 60 e na década de 1970, como: meio de motivação para a leitura do aluno, modernização, falta de objetivo pedagógico, excesso de uso. Os anos 90 apresentaram maior seletividade no uso dos materiais visuais, “maior e melhor qualidade de coexistência entre linguagem verbal e não-verbal nos livros didáticos” (BELMIRO, 2000, p.22).

Observa-se que a ilustração é uma área de trabalho que, atualmente, vem se consolidando, integrando a produção de um projeto gráfico específico para livros didáticos. Condizente com a afirmativa, em 2001, foi fundada a Sociedade dos Ilustradores do Brasil (SIB) contribuindo para o fortalecimento desta área.

As imagens apresentam-se em diferentes formas nos livros didáticos: na forma de desenhos, fotografias, diagramas, gráficos, esquemas e charges, que se diferem por seus objetivos, porém, se veem codificadas desde o momento que passam a existir, e estão presentes e valorizadas nos processos educativos dos diferentes componentes curriculares.

Vale a pena ressaltar que todos os elementos que compõe o livro didático devem ter uma função que os justifique. Com as imagens visuais não é diferente. De acordo com a Sociedade dos Ilustradores do Brasil (SIB), elas podem apresentar diversas funções: atrair e dirigir a atenção ao material; apresentar uma nova informação; concretizar uma informação abstrata; comparar; enfatizar pontos; fornecer exemplos; motivar; produzir prazer; promover emoções e atitudes;

simplificar; sintetizar; apresentar informações; intensificar a atenção; facilitar a analogia; desenvolver a compreensão; promover a retenção; criar ludicidade; promover informação adicional.

Estudos como os de Kiill (2009), Silva, Braibante e Pazinato (2013), focalizam a análise de imagens visuais apresentadas em livros didáticos de química. Santos e Mól (2007) observaram uma valorização da imagem no LD de química como reflexo de uma sociedade audiovisual, todavia apontam para a necessidade de um caráter crítico na sua leitura e uso.

Há também estudos das imagens em notícias de popularização científica (LOVATO, 2010; PEREIRA; DUARTE; TERRAZZAN, 2009). Há ainda o trabalho de Silva *et. al.* (2006) que discute uma série de cautelas a ser tomada na utilização de imagens na sala de aula.

Sob perspectiva diferente da usual pelo livro didático, Silveira e Alves (2008) investigaram as contribuições da imagem fotográfica como recurso metodológico e educativo em Educação Ambiental com a finalidade de formarem sujeitos participativos e atuantes no processo socioambiental. As autoras discutem a potencialidade da arte, especificamente da fotografia, em trabalhos educativos que busquem formar sujeitos conscientes e críticos nas suas relações com a vida, com a sociedade e com as questões ambientais.

Pesquisas como as de Silva, Ducheiko e Martins Neto (2017) e Silva e Neves (2016) sinalizam reflexões e possibilidades para a leitura de imagem sob a perspectiva da metodologia de Erwin Panofsky, proposta apresentada pelo autor em seu livro *Significado nas Artes Visuais*.

Silva e Neves (2016) desenvolveram sua proposta em um curso/disciplina oferecida no Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência da UNESP de Bauru. Permeado de teoria e prática, organizado em três momentos: Introdução ou Primeiro Momento, Imagens e Teorias, Proposta de Leitura de Imagens, o ensaio realizado e o estudo de outras propostas para a leitura de imagem contribuíram para que as autoras desenvolvessem a própria proposta, denominada como Leitura Interdisciplinar Interpretativa.

No ensino básico, parte dos conteúdos de química é dedicado a explicar a natureza e as propriedades matéria e as mudanças que esta pode sofrer. Logo, os alunos devem apropriar-se de algumas noções sobre como é constituída a matéria:

a matéria tem uma natureza descontínua, compreendendo que, para além de sua aparência visível ou dos diversos estados em que pode se apresentar, sempre é formada por átomos, pequenas partículas de que estão em contínuo movimento e interação, que podendo se combinar para dar lugar a estruturas mais complexas e entre as quais não existe absolutamente nada, o que implica a complexa e abstrata ideia de vazio (POZO; CRESPO, 2009, p. 145).

Compreender como a matéria é constituída é de fundamental importância para descrever e explicar sua estrutura nos seu mais diversos estados (por exemplo, as diferenças entre os três fases da matéria: sólido, líquido e gasoso), suas propriedades (por exemplo, a difusão dos gases ou a dilatação dos corpos) e, em geral, todas as mudanças que possam ocorrer em sua estrutura, tanto físicas quanto químicas. Dessa forma, na perspectiva a que se propõe o estudo da química, “pretende-se que os alunos compreendam, interpretem e analisem algumas das características do mundo que os rodeia, com um pouco de imaginação e pensamento” (POZO e CRESPO, 2009). No entanto, segundo Turner (1990, p. 955 *apud* GIBIN; FERREIRA, 2013, p. 21), muitos estudantes não compreendem os conceitos e fenômenos químicos porque “nunca aprenderam a visualizar sistemas químicos ou a fazer desenhos para ajudar a resolver problemas”.

Em contrapartida, as representações visuais, de um modo geral, têm sido apresentadas como objeto de estudo no ensino de Química com o propósito de produzir reflexões e possibilidades que contribuam para a qualidade do ensino e para a construção de conceitos e fenômenos físicos e químicos, que expliquem a natureza, as propriedades matéria e as mudanças que esta pode sofrer.

Há trabalhos tratando da linguagem visual nas suas relações de ensino-aprendizagem em sala de aula como, a produção de fotografias (SANA; SOUZA; ARROIO, 2016), (SILVA; HUSSEIN, 2013), a percepção de estudantes sobre o uso de imagens (GIBIN; FERREIRA, 2013).

A tese de Kiill (2009) tem como objeto de estudo as imagens contidas nos livros didáticos de Química aprovados no PNLEM/2007, na abordagem do conteúdo de equilíbrio químico. As representações visuais foram categorizadas com o objetivo de investigar suas contribuições para o processo de significação deste conteúdo. Os resultados da análise mostraram que a maioria das imagens representa o conhecimento químico considerando apenas o aspecto macroscópico e um grande

número delas apresenta caráter meramente ilustrativo, o que em geral colabora pouco para o processo de significação do conteúdo de equilíbrio químico.

A pesquisa de Silva, Braibante e Pazinato (2013) analisa as representações visuais utilizadas pelos livros de química aprovados pelo PNLD 2012 na abordagem do conteúdo de modelos atômicos, baseadas nas categorias propostas por Perales e Jiménez (2002).

Sobre as fotografias, as autoras teceram as seguintes considerações:

Há um elevado número de imagens do tipo fotografia nos LD analisados, sendo aproximadamente 64% no livro A; 53% no livro C e 40% no livro E. Apesar de serem utilizadas para a observação e exemplificação de conceitos, representações desse tipo pouco contribuem para a aprendizagem dos conceitos abstratos, pois remetem apenas aos aspectos macroscópicos. É necessário enfatizar que não condenamos a utilização de fotografias, entretanto seu emprego poderia ser moderado em alguns LD, para que as imagens tenham uma função didática além da mera observação. (SILVA; BRAIBANTE; PAZINATO, 2013, p.179).

Gibin e Ferreira (2013) investigaram a percepção de estudantes sobre o uso de imagens como recurso auxiliar nas aulas de química. Os autores produziram imagens computacionais buscando abordar um conceito ou fenômeno químico e representá-lo por mais de um nível de representação, macroscópico, submicroscópico e simbólico (JHONSTONE, 1993; 2000), quando possível. Segundo os autores:

O uso de imagens que apresentam os diferentes níveis de representação do conhecimento químico pode auxiliar no estabelecimento de relações entre a teoria e a prática no processo de imaginar os fenômenos químicos. É importante ressaltar a importância do emprego de imagens que representam o nível submicroscópico, que evidenciam as espécies químicas que não são observáveis e, por isso, auxiliam no processo de compreensão de um fenômeno químico. (GIBIN e FERREIRA, 2013, p.25).

A pesquisa de Sana, Souza e Arroio (2016) propõe discutir uma estratégia na qual se articula a produção de imagens fotográficas durante a modelagem física de um aparato escolar científico denominado Pilha de Daniell. Os estudantes foram orientados a registrar, por meio de fotografias, todo o processo de montagem e operação da Pilha de Daniell. As imagens fotográficas foram analisadas à luz das categorias proposta Perales e Jiménez (2002). Além da motivação dos estudantes

durante a atividade, os autores constaram a necessidade de promover a alfabetização visual nas aulas de Química/Ciências.

Silva e Hussein (2013) também utilizam como estratégia a atividade de fotografar. Em seu estudo, foi proposto aos alunos que fotografassem conceitos de fenômenos físicos e químicos observados em seu dia a dia. Setenta alunos do 2º ano do Ensino Médio participaram da atividade, apresentando um total de 101 fotografias. As autoras destacam a importância do uso de fotografias na contextualização de conteúdos químicos, mas alerta que as transformações ocorrem a nível microscópico e que isto precisa estar claro para o aluno.

Segundo Silva e Hussein (2013, p.3),

Para o aluno, a percepção das evidências que indicam a ocorrência de fenômenos dos conteúdos abordados na disciplina de Química, é o seu primeiro contato com um mundo essencialmente microscópico. Os aspectos visuais são marcantes, haja vista que as transformações ocorrem em nível atômico-molecular. (SILVA; HUSSEIN, 2013, p.3).

Gibin e Ferreira (2013) destacam que as imagens não são autoexplicativas, sendo necessária a mediação do professor na sua compreensão, explicitando os aspectos mais relevantes. A contextualização e a resolução de problemas em torno da imagem é uma proposta de mediação que pode ser realizada pelo professor de forma planejada.

A leitura/uso da imagem fotográfica no contexto do ensino de Química, na perspectiva de suscitar seus elementos, a mensagem explícita (visível) e, principalmente, a mensagem implícita (oculta), e contribuir para a construção do conhecimento desta ciência por meio da visualidade.

Na imagem fotográfica temos, de algum modo, uma representação visual (observável) na qual apresenta-se uma representação mental, pois “não há imagens como representações visuais que não tenham na mente daqueles que as produziram, do mesmo modo que não há imagens mentais que não tenham alguma origem no mundo concreto dos objetos visuais” (SANTAELLA; NOTH, 2001, p.15). O desafio na educação química está em desenvolver habilidades para interpretar as imagens visuais à nível microscópico, que estão no campo da abstração. Isto é um grande exercício de imaginação.

5 DESENHO E METODOLOGIA DA PESQUISA

A análise de livros didáticos de Químico nesta investigação enquadra-se na modalidade de pesquisa quantitativa, caracterizada, em relação aos seus procedimentos e métodos, como uma pesquisa de análise documental (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). Conforme Lüdke e André (1986), constitui-se uma técnica válida de abordagem de dados qualitativos, seja complementando as informações obtidas através de outras técnicas, seja desvelando aspectos novos de um tema ou problema.

De acordo com Lüdke e André (1986), os documentos

[...] constituem uma fonte poderosa de onde podem ser retiradas evidências que fundamentem afirmações e declarações do pesquisador. Representam ainda uma fonte “natural” de informação, não sendo apenas uma fonte de informação contextualizada, mas surge num determinado contexto e fornecem informações sobre esse mesmo contexto (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 39).

O livro didático é caracterizado como documento de fonte primária, pois se trata de material impresso (documento) que analisamos tal como concebido por seus autores (fonte primária). Esta técnica de pesquisa, análise documental, utiliza documentos estáticos, passíveis de leitura e de fácil acesso, como é o caso dos livros didáticos utilizados neste estudo.

Nesta investigação, os livros didáticos são tratados como documentos, inseridos em um contexto pedagógico de ensino e aprendizagem, e, assim como qualquer documento, detêm um conteúdo sujeito à análise. As imagens fotográficas destes documentos – os livros didáticos de Química – serão enfocadas, bem como suas contribuições no contexto pedagógico.

A relevância da análise documental se explica na medida em que a construção do conhecimento dos alunos e a abordagem dos conteúdos em livros didáticos são viabilizados através de linguagens. Outro aspecto relevante é a abrangência, impacto, importância e utilidade desse documento no ensino. Embora tais questões possam ser transformadas através de diferentes formas de se utilizar um mesmo livro didático, esta investigação se preocupa apenas com as imagens fotográficas; são as imagens fotográficas, inseridas no contexto dos livros didáticos de Química para o ensino de Cinética Química o objeto de estudo desta Dissertação.

5.1 Configuração do *corpus* de análise

O *corpus* do presente estudo é constituído pelas imagens fotográficas presentes nos livros didáticos de Química, destinados ao Ensino Médio, aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018 na abordagem do conteúdo de Cinética Química (Quadro 1), presente no segundo volume das coleções. Os livros receberam códigos de L1 a L6 para sua identificação.

Quadro 1: Lista de livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2018.

Código	Livro	Autor(es)	Editora	Edição/Ano
L1	Química 2	Andréa Horta Machado Eduardo Fleury Mortimer	Scipione	3ed./2016
L2	Química 2	Carlos Alberto Mattoso Ciscato Emiliano Chemello Luis Fernando Pereira Patricia Barrientos Protti	Moderna	1ed./2016
L3	Ser protagonista – Química 2	Julio Cezar Foschini Lisboa [et. al.]	SM	3ed./2016
L4	Química 2	Martha Reis	Ática	2ed./2016
L5	VIVÁ: Química: volume 2	Vera Lúcia Duarte de Novais Murilo Tissoni Antunes	Positivo	1ed./2016
L6	Química Cidadã: volume 2	Wildson Santos Gerson Mól	AJS	3ed./2016

Fonte: Autora.

A escolha pelo tema de cinética química justifica-se inicialmente pela importância de sua compreensão para inúmeros processos tecnológicos e cotidianos. O entendimento de uma reação química e seu consequente controle passa por conceitos ligados à cinética, em geral, a área da ciência química que estuda a taxa das reações e os mecanismos para o estudo em nível macroscópico e em nível atômico (submicroscópico).

O estudo da Cinética Química traz projeções no dia a dia e no ambiente, existem vários segmentos que ilustram sua contribuição em processos industriais em distintas direções tais como, a obtenção de produtos químicos, medicamentos, a melhoria do rendimento com a consequente redução nos custos (PITOMBO, 1974). Ademais, é um tema pouco recorrente nas pesquisas em ensino de química, como apontaram Zappe e Sauerwein (2016).

A seguir, apresentamos as ferramentas de análise utilizadas neste estudo para avaliar as representações visuais, do tipo fotografias, dos LD de Química na abordagem do conteúdo de cinética química.

5.2 Ferramentas de análise

As categorias de análise foram estabelecidas a partir de uma leitura exploratória, levantamento e contagem das fotografias que constituem nosso corpus de análise, buscando avaliar de que forma as imagens fotográficas são apresentadas nos livros de química e a sua relação com o desenvolvimento do conteúdo científico.

No Quadro 2 estão elencadas as categorias utilizadas para a análise e suas definições.

Quadro 2: Definição das categorias.

DEFINIÇÃO DAS CATEGORIAS	
Categoria	Definição
Distribuição da fotografia na página	Posições que as fotografias ocupam em relação ao corpo do texto.
Legenda	Texto que acompanha a fotografia.
Relação texto-imagem	São as referências entre o texto a imagem.
Temática	Enquadramento da fotografia no tema que lhe for adequado.

Fonte: Autora.

Cada uma dessas categorias ainda se subdivide em subcategorias. A seguir descreveremos de forma detalhada as categorias e suas respectivas subcategorias utilizadas no estudo exploratório das fotografias.

Na categoria *distribuição da fotografia na página* analisamos o lugar que a fotografia ocupa em relação ao texto principal. Essa categoria foi fragmentada em três subcategorias (Quadro 3).

Quadro 3: Subcategorias para a análise da distribuição das fotografias nas páginas.

DISTRIBUIÇÃO DA FOTOGRAFIA NA PÁGINA	
Subcategoria	Definição

Inserida no corpo do texto	A fotografia ocupa um lugar intermediário com o corpo do texto verbal, estabelecendo conexão durante a leitura.
Periférica	A fotografia ocupa um lugar periférico ao corpo do texto, apresentando-se totalmente fora do corpo do texto.
Destaque	A fotografia ocupa um lugar de destaque, seja na página introdutória do capítulo/tema ou subtemas no desenvolvimento do conteúdo.

Fonte: Autora.

A legenda auxilia na interpretação dos elementos contidos na fotografia. As subcategorias das *legendas* foram classificadas conforme o Quadro 4.

Quadro 4: Subcategorias para análise da legenda.

LEGENDA	
Subcategoria	Definição
Sem legenda	A fotografia não contém legenda.
Nominativa	A legenda identifica os elementos da fotografia. A depender do assunto fotografado, pode ou não fazer referência a espaço-tempo da fotografia.
Explicativa	A legenda explica os elementos/eventos retratados pela fotografia, acrescentando-lhe informações e/ou observações.
Problematizadora	A legenda apresenta questionamento, estabelecendo correspondência ao conteúdo.

Fonte: Autora.

Na categoria *relação texto-imagem* é avaliado se o desenvolvimento do conteúdo apresenta relação com o recurso visual.

Quadro 5: Subcategorias para análise da relação texto-imagem.

RELAÇÃO TEXTO-IMAGEM	
Subcategoria	Definição
Indireta	O texto não faz referência a fotografia, apenas representa o conteúdo descrito. A relação entre o conteúdo e a fotografia é realizada pelo leitor.
Direta	O texto faz referência a fotografia, estabelecendo correspondência entre os elementos contidos na fotografia com o conteúdo descrito.
Conectiva	O texto descreve a correspondência entre os elementos contidos na fotografia e o conteúdo, de modo que a leitura do texto verbal e não verbal é indispensável para o desenvolvimento da explicação do conteúdo.

Fonte: Autora.

A categoria temática é específica do conhecimento científico analisado, neste caso o conhecimento químico na abordagem cinética química. Sendo assim, essa categoria foi dividida nas seguintes subcategorias: técnico-experimental, fenômeno da natureza, uso/aplicação de produtos/materiais químicos, história da ciência, interdisciplinar, atividades cotidianas e analogia. No Quadro 6 estão descritos os critérios utilizados para a classificação de cada fotografia nas subcategorias.

Quadro 6: Subcategorias para análise da temática.

TEMÁTICA	
Subcategoria	Descrição
Técnico-experimental	Fotografia de experimento, materiais de laboratório, equipamentos etc.
Fenômeno da natureza	Reações/situações que ocorrem no dia a dia.
Uso/aplicação de produtos/materiais químicos	Fotografias relacionadas a indústria e meios produtivos (se caracterizam pela modificação/envolvimento do ser humano).
História da ciência	Fotografia que traz referência à história da ciência/química.
Interdisciplinar	A fotografia apresenta-se em contexto com outro(s) conhecimento(s).
Atividades cotidianas	Fotografia relacionada a lazer ou atividade doméstica.
Analogia	Fotografia que estabelece analogia ao conteúdo.

Fonte: Autora.

Em relação à análise do aspecto icônico, tomaremos por base o método desenvolvido por Kress e van Leeuwen (2006)⁴ na Gramática do Design Visual, uma estrutura descritiva para análise de imagens e composições visuais. Assim, consideraremos os significados representacionais, interativos e composicionais e as categorias que os integram, conforme descritos no capítulo 2 deste trabalho.

5.3 Procedimentos metodológicos

⁴ O sistema de estruturação visual elaborado por Kress e van Leeuwen na Gramática de Design Visual (GDV) parte das premissas teóricas propostas por Halliday em *An Introduction to functional grammar* (2004) em torno das três metafunções propostas por este autor: ideacional, interpessoal e textual. Na GDV, essas metafunções passam a ser chamadas representacional, interativa e composicional, respectivamente.

O primeiro passo para a realização desta pesquisa foi a seleção e configuração *corpus* de análise. Conforme já relatado, foram selecionados os capítulos referentes ao estudo da Cinética Química nas seis coleções de livros didático aprovados pelo PNLD 2018. Em seguida, realizamos uma leitura exploratória, sistematizando um levantamento das fotografias dispostas nos capítulos.

Em relação ao levantamento das fotografias para a análise, ficou decidido que as fotografias que se encontrassem no mesmo espaço gráfico (por exemplo, dentro de molduras) ou que estivessem ligadas por setas ou numeradas, expressando uma sequência, seriam consideradas como uma única imagem para efeito da contagem.

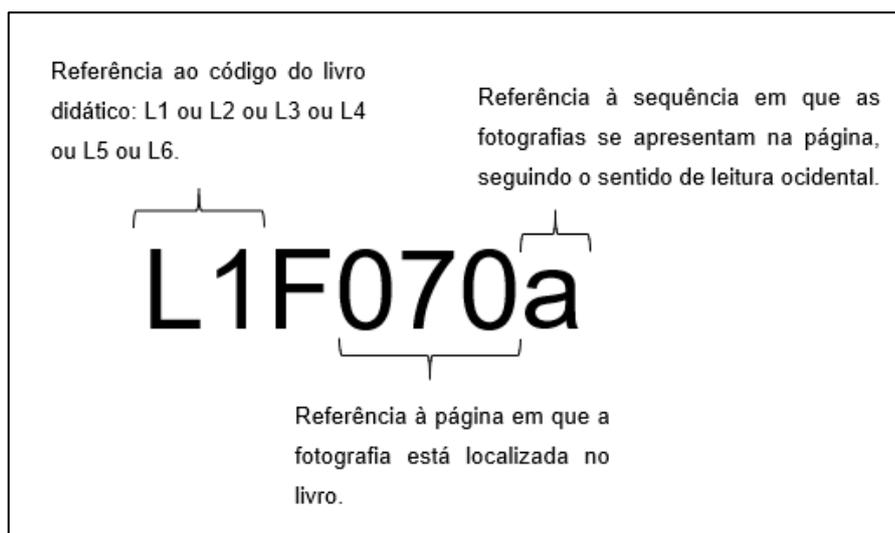
Decidiu-se, ainda, que as fotografias presentes nos exercícios dos capítulos não integrariam nosso *corpus* de análise.

Visando organizar esse *corpus*, as fotografias foram codificadas da seguinte forma e ordem:

- i) código do livro didático, ou seja, L1, L2, L3, L4 ou L5;
- ii) F indicando o tipo de imagem, ou seja, fotografia;
- iii) numeração da página em que a fotografia se encontra. Em caso de uma ou mais fotografias estarem situadas na mesma página, acrescenta-se letras em sequência alfabética, conforme a sequência em que as fotografias se apresentam na página, seguindo o sentido de leitura ocidental (da esquerda para direita, de cima para baixo).

A Figura 2 é um exemplo de codificação da imagem fotográfica procedente do livro L1 situada na página 70.

Figura 2: Exemplo de codificação da imagem fotográfica.



Fonte: Autora.

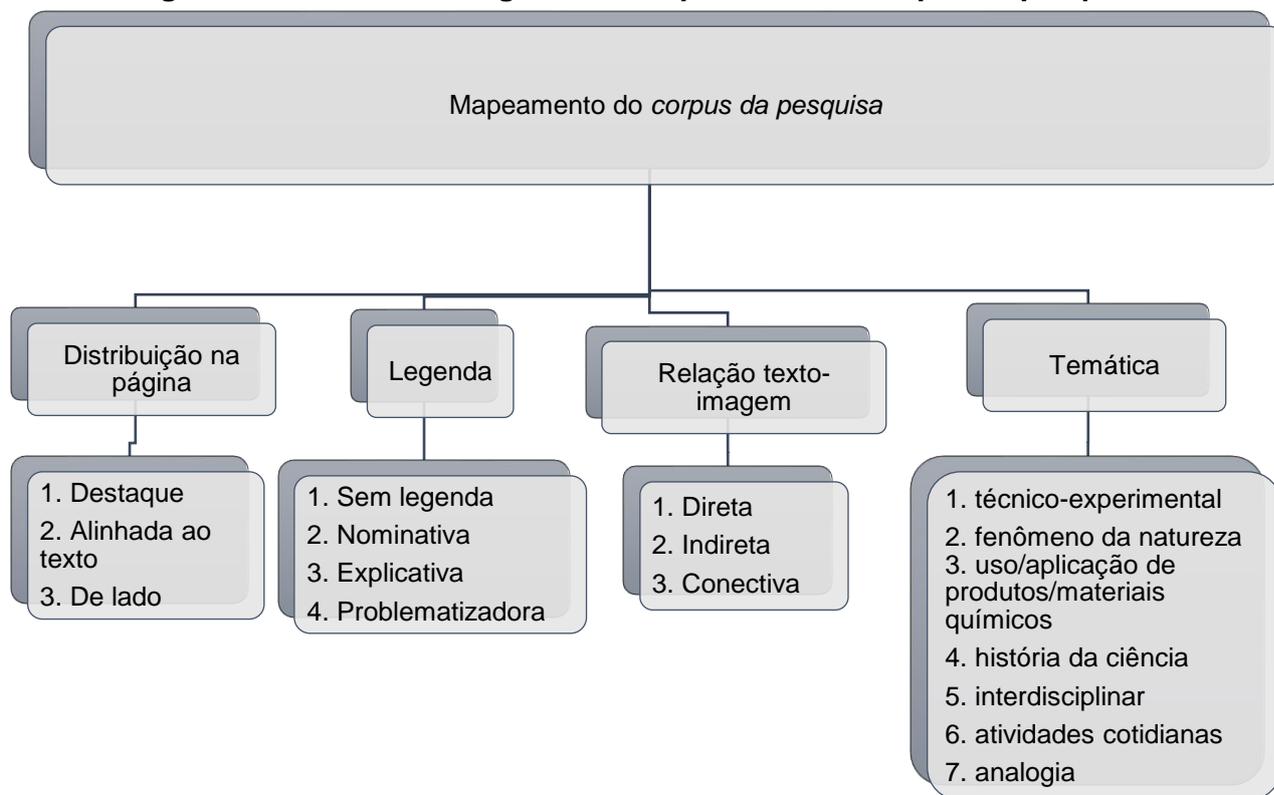
Com o objetivo de facilitar a organização e análise, os dados quantitativos foram organizados através do preenchimento de uma tabela que esquematizava as categorias, as subcategorias, os livros didáticos e as fotografias.

Ressaltamos que todas as imagens fotográficas do nosso *corpus* de análise apresentam a identificação do autor/banco de imagens, respeitando os preceitos éticos dos direitos autorais, na forma da Lei nº 9.610/98 (BRASIL, 1988).

A análise das fotografias, presentes nos livros didáticos, foram organizadas em duas seções: 1) Mapeamento do *corpus* da pesquisa; e 2) Análise das imagens fotográficas seguindo os pressupostos teóricos elaborados por Kress e Van Leeuwen (2006) na Gramática de Design Visual

As categorias observadas no mapeamento do *corpus* da pesquisa, são, em síntese, as mostradas na figura abaixo.

Figura 3: Síntese das categorias de mapeamento do corpus de pesquisa.

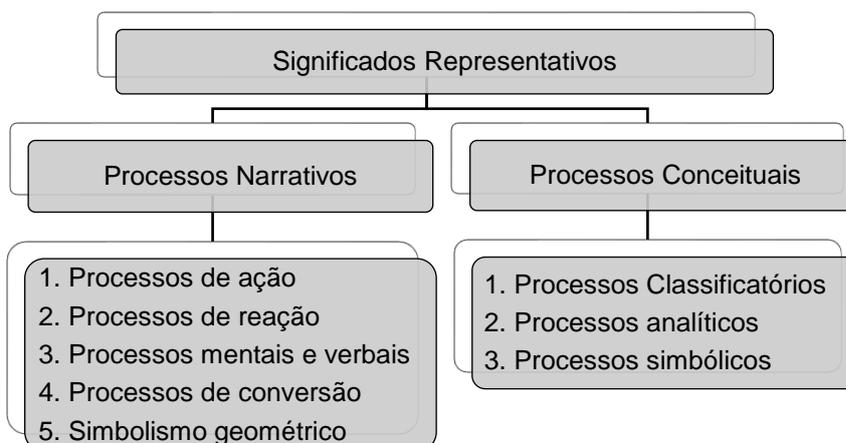


Fonte: Kress e van Leeuwen (2006).

Em outra etapa, as ferramentas descritivas propostas por Kress e van Leeuwen (2006), conforme já apresentado no capítulo 2 desta pesquisa, serão aplicadas as imagens fotográficas presentes nos livros didáticos de química analisados.

Uma síntese das categorias utilizadas, referentes aos significados representacionais da Gramática do Design Visual, pode ser observada na sequência.

Figura 4: Síntese dos significados representativos da Gramática do Design Visual.



Fonte: Kress e van Leeuwen (2006).

Na Figura 3, foram esquematizadas as categorias relacionadas aos significados interacionais da Gramática do Design Visual para uma melhor visualização.

Figura 5: Síntese dos significados interativos da Gramática do Design Visual.



Fonte: Kress e van Leeuwen (2006).

Por fim, apresentamos um esquema com as categorias pertencentes aos significados composicionais da Gramática do Design Visual.

Figura 6: Síntese dos significados composicionais da Gramática do Design Visual.



Fonte: Kress e van Leeuwen (2006).

Realizadas estas etapas, tentaremos evidenciar quais significados são representados nos livros didáticos de química no ensino de Cinética Química que integram nosso *corpus* de pesquisa. A partir destas análises, elaboraremos um guia de orientação para leitura/seleção de imagens fotográficas no processo de ensino e aprendizagem, com direcionamentos para o ensino de química.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho foram analisadas 99 fotografias relacionadas ao estudo da Cinética Química presentes nos seis livros de Química aprovados pelo PNLD 2018, sendo 17 (17,34%) procedentes do livro didático L1, 11 (10,20%) do L2, 20 (20,40%) do L3, 9 (9,18%) do L4, 13 (13,26%) do L5 e 29 (29,59%) do L6.

A análise das fotografias, presentes nos livros didáticos, foram organizadas em duas seções: 1) Mapeamento do *corpus* da pesquisa; e 2) Análise das imagens fotográficas seguindo os pressupostos teóricos elaborados por Kress e Van Leeuwen (2006) na Gramática de Design Visual.

6.1 Mapeamento do *corpus* da pesquisa

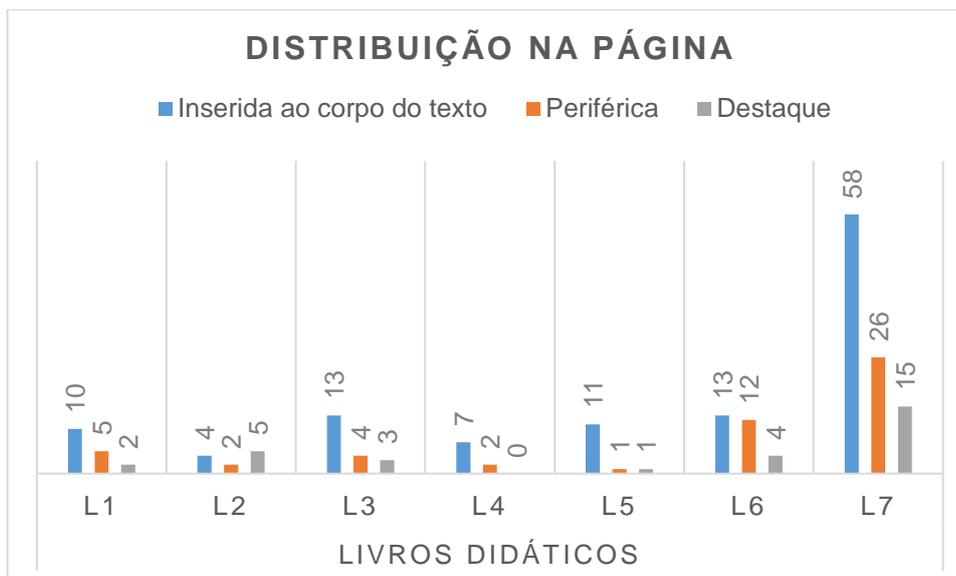
Uma primeira análise em nossa pesquisa teve por objetivo conhecer as fotografias e como elas se apresentam no estudo de Cinética Química nos livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018. Desse modo, nossa primeira análise é constituída das seguintes categorias:

- i) distribuição da fotografia na página;
- ii) legendas;
- iii) relação texto-imagem;
- iv) temática.

Buscando verificar essas ocorrências em cada um dos livros analisados, obtivemos os resultados, apresentados a seguir.

A respeito da categoria distribuição da fotografia na página, podemos observar no gráfico (Figura 7), que, de maneira geral, as obras priorizam a inserção da imagem fotográfica ao corpo do texto.

Figura 7: Classificação das fotografias quanto à distribuição na página.



Fonte: Livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2018.

As imagens fotográficas ocupam um espaço físico significativo nas páginas e não seguem uma linearidade, ao contrário, são configuradas abrangendo espaços variados, ocupando a abertura dos capítulos e de temas, inseridas ao corpo do texto descritivo do conteúdo, ocupando praticamente todas as páginas destinadas ao ensino de Cinética Química, com uma ou mais imagens, em seus diversos tipos, entre elas fotografias, desenhos, gráficos, tabelas, mapas.

Em relação ao nosso *corpus* de análise, nos livros L1, L3, L4 e L5 é predominante a presença das fotografias inseridas ao corpo do texto. Neste caso, o sentido da leitura é determinante: a leitura da esquerda para a direita, de cima para baixo. A leitura da palavra consiste em fazer percorrer o olhar pelo texto verbal de maneira a direcioná-lo para a imagem.

Almeida (2013) quanto à distribuição das imagens nas páginas, aponta que, de certo modo, a inserção ao corpo do texto é favorável, pois as páginas se tornam visualmente agradáveis, mas por outro lado, "interrompemos a leitura para ver a imagem que se encontra ao lado ou no meio do próprio texto, mas não necessariamente aquele momento em que ouve a quebra da leitura está correspondendo ao que a imagem está tratando ou representando". Desse modo, a autora sugere que seria mais interessante, do ponto de vista pedagógico/didático, que o autor indicasse a visualização da imagem, chamando atenção para aquilo que está no texto verbal, pois, diante da referida configuração, a impressão que se tem é de

que “a imagem é colocada para quebrar o texto, ou seja, é um meio de descansar os olhos da leitura verbal, tornando-se ilustrativa” (ALMEIDA, 2013, p. 90).

Assim, acreditamos que as fotografias que são apresentadas inseridas ao corpo do texto, de forma correspondente, ao assumir uma construção continuada no desenvolvimento do conteúdo, pode ser mais representativa do que uma fotografia apresentada ao lado do texto. De acordo com Coutinho *et al.* (2010, p.7), esta disposição “reduz o esforço requerido na exploração visual, evitando o processo de ir e vir entre o texto verbal e a imagem correspondente”.

Na Figura 8 apresentamos exemplos de fotografias quanto à distribuição na página.

Figura 8: Fotografias quanto à distribuição na página.



(a)

Fonte: (a) CISCATO *et al.*, 2016, p.170; (b) e (c) MORTIMER; MACHADO, 2016, p.

127.

As imagens fotográficas representadas na Figura 8 identificadas como (a), (b) e (c), exemplificam, respectivamente as posições de destaque (introdução de capítulo), inserida ao corpo do texto e periférica.

Dos livros analisados apenas o livro L4 não apresenta fotografia em posição de destaque nas páginas referentes ao conteúdo de cinética química. Considerando as demais obras, cuidadosamente observadas, temos pelo menos uma fotografia em cada abertura do capítulo assumindo posição de destaque e outras, ainda em destaque, por ocuparem o início de seções temáticas no desenvolvimento do conteúdo. As fotografias em destaque assumem uma posição privilegiada, pois está em posição de enunciar o conteúdo que entrará em discussão.

No estudo de Silva, Braibante e Pazinato (2013), acerca das imagens nos LD de química, constatou-se, em sua maioria, imagens fotográficas. As autoras, sem condenar a utilização de fotografias, afirmam que este tipo de recurso visual pouco contribui para a aprendizagem dos conceitos abstratos, pois remetem apenas aos aspectos macroscópicos.

Kiill (2009) tomou como objeto de estudo as imagens contidas nos livros didáticos de Químicas pelo PNLEM/2007. De acordo com a autora, as representações, pouco contribuem, para auxiliar o processo de significação do conteúdo de equilíbrio químico. No geral, as imagens são de natureza macroscópica e tipificam as propriedades dos sistemas químicos, há uma quantidade expressiva de imagens de caráter ilustrativo e outras poucas que correlacionam os aspectos dimensionais.

A imagem fotográfica, assim como outras formas de imagens, se caracteriza por sua polissemia. Ainda que “se procure criar uma imagem fotográfica bem definida quanto ao seu conteúdo e expressão, haverá sempre, quando da sua análise, muitas formas de interpretação pelos diversos receptores” (RODRIGUES, 2007, p.72). Por gerar diversas possibilidades de interpretações, quando utilizada, vem acompanhada de algum tipo de identificação (autor, ano, título, descrição, etc.).

Com relação à categoria legenda, no gráfico (ver Figura 9), percebemos a frequente utilização de legendas nominativa, sendo seu uso mais expressivo no livro L3 com 13 fotografias, e explicativa, sendo seu uso mais expressivo no livro L6 com 22 fotografias.

Figura 9: Classificação das fotografias quanto à legenda.

Fonte: Livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2018.

O quantitativo de fotografias que apresentam legendas explicativa e nominativa não apresenta grande diferença de ocorrência, respectivamente 47 e 41 fotografias.

Na Figura 10, está representada uma página do livro L5 com a proposição da realização de um experimento. Na descrição do procedimento deste experimento encontramos: “*Simultaneamente, adicionem o comprimido triturado em um dos recipientes com água e um outro comprimido efervescente (inteiro) no outro recipiente*” (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p.129).

Vinculada a esta descrição, imediatamente ao seu lado, inseriu-se uma fotografia que representa o resultado obtido a partir da descrição/realização do experimento. A fotografia encontra-se sem legenda. Neste caso, se não houver a realização do experimento pelo aluno, e/ou a mediação do professor na leitura do procedimento do experimento, o aluno pode ser induzido ao erro na interpretação da mesma. Por ocasião, a descrição do procedimento que menciona primeiramente a situação com o comprimido triturado e em seguida com comprimido o inteiro. No entanto, na fotografia, seguindo o sentido da leitura ocidental (esquerda para direita), encontramos a situação contrária da descrita, que não condiz com o resultado esperado do experimento.

Figura 10: Fotografia sem legenda.

A teoria das colisões e as mudanças na velocidade das reações

Em seu cotidiano e no curso de Química, vocês já estudaram os recursos usados para alterar a velocidade de uma reação. Vamos agora nos aprofundar a esse respeito.

Química: prática e reflexão

Que fatores tornam a reação de um comprimido efervescente com água mais rápida ou mais lenta?

Material necessário

- 4 recipientes (copos ou frascos) de vidro idênticos
- 1 pedaço de papel
- 4 comprimidos efervescentes idênticos
- água quente
- água gelada
- água a temperatura ambiente

Procedimento - parte 1

- Coloquem água a temperatura ambiente em dois recipientes, enchendo-os até a metade.
- Triturem um dos comprimidos efervescentes ainda dentro da embalagem.
- Simultaneamente, adicionem o comprimido triturado em um dos recipientes com água e um outro comprimido efervescente (inteiro) no outro recipiente.
- Observem o que acontece.



Analise suas observações

1. Qual comprimido desaparece mais rapidamente com a água?
2. Que variável diferencia os dois procedimentos?
3. Formulem uma hipótese que justifique o resultado.

Procedimento - parte 2

- Coloquem em um recipiente água gelada, enchendo-o até a metade e, em outro, a mesma quantidade de água aquecida.
- Coloquem um comprimido (inteiro) em cada recipiente, ao mesmo tempo.
- Observem o que acontece.

Descarte dos resíduos: Os resíduos podem ser descartados no ralo de uma pia.

Analise suas observações

4. O que se observa?
5. A que fator você atribui a diferença entre o que se observa em um copo e no outro?

Capítulo 6 Cinética Química 129

Fonte: NOVAIS; ANTUNES, 2016, p.129.

Nesse sentido, Vasconcelos e Souto (2003) enfatizam o cuidado no uso do recurso visual para que não confunda o leitor, levando-o a uma interpretação equivocada da que se pretender representar. Dessa forma, as autoras recomendam: “Uma figura adequada deve ser compreensível *per se*, possuir legenda autoexplicativa, ter relação direta com o texto, e ser inserida à medida que a informação é apresentada” (2003, p.98).

Na sequência, nas Figuras 11 e 12 apresentaremos exemplos de imagens fotográficas quanto a legenda nominativa (há uma breve descrição do que ocorre na imagem seguida de da identificação de espaço-tempo da fotografia) e explicativa (insere uma nova informação), respectivamente.

Figura 11: Fotografia quanto à legenda nominativa.

A temperatura é outro fator que pode afetar a rapidez com que um alimento se deteriora – note que estamos falando sobre o tempo adequado para o consumo após a abertura da embalagem e o contato do alimento com o ambiente, e não sobre o prazo de validade indicado no rótulo, o qual se refere à conservação do alimento na embalagem fechada.

1. Por que alguns alimentos frescos devem ser conservados no *freezer* ou congelador da geladeira? Exemplifique.
2. O Brasil perde grandes quantidades de alimentos, especialmente daqueles que devem ser mantidos frescos durante o transporte entre o produtor e o distribuidor. Levante algumas hipóteses que expliquem essas perdas.
3. Uma pessoa guarda na geladeira, mas fora do *freezer*, duas porções de carne de mesmo peso. Uma delas é de carne moída, a outra é uma peça inteira. As porções de carne permanecem na geladeira por alguns dias. Quando a pessoa vai pegá-las para preparar um prato, vê que uma das porções não pode ser aproveitada. Qual delas estragou? Que raciocínio você fez para chegar a essa conclusão?
4. Suponha que duas peças de ferro – uma pintada e outra sem pintura – estejam em um mesmo ambiente. Qual delas enferrujará primeiro?

Não escreva neste livro. 

Caminhão sendo carregado com abacaxis. Frutal, Minas Gerais. Foto de 2014.



Neste capítulo, analisaremos a velocidade das reações químicas e os fatores que a influenciam. Assim, seremos capazes de entender por que algumas reações são tão rápidas que se tornam imperceptíveis a nossos olhos, enquanto outras podem levar anos para ocorrer em circunstâncias normais; veremos também que é possível influir em muitos desses processos, retardando alguns deles e tornando outros mais rápidos.

Capítulo 6 Cinética Química 123

Fonte: NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 123.

Figura 12: Fotografia quanto à legenda explicativa.

CATALISADORES E A DIMINUIÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO

Vimos no texto "A velocidade das reações químicas no nosso dia a dia", das páginas 123 a 128, que existem algumas substâncias que podem ser utilizadas para acelerar reações químicas, os catalisadores.

Catalisadores são substâncias que aceleram a velocidade das reações químicas, reduzindo a energia de ativação, mas sem participar efetivamente das reações, sendo integralmente recuperadas ao final do processo.

Eles atuam nas reações químicas fazendo com que a energia de ativação seja menor e, portanto, a velocidade seja maior, oferecendo assim um caminho alternativo para a produção industrial e até para a resolução de problemas ambientais. Porém, os processos catalíticos também podem causar danos ao ambiente, sendo um exemplo a ação dos clorofluorcarbonos (CFCs) na reação de decomposição do ozônio (O₃) em oxigênio molecular (O₂) e oxigênio atômico (O). Os CFCs eram muito usados como propelentes em aerossóis, gás para refrigeração e na produção de plásticos. Trata-se de compostos muito estáveis, podendo, eventualmente, atingir a estratosfera, onde vão participar da reação de decomposição do ozônio e permanecer nela por anos ou até décadas.

A diminuição da camada de ozônio aumenta a incidência de radiação ultravioleta na Terra. Essa incidência maior pode gerar consequências danosas, como o aumento de casos de pessoas com câncer de pele e catarata.

Apesar de a produção de CFCs ter diminuído nos últimos anos, a camada de ozônio continua ameaçada. Mesmo com a redução do uso desses gases, eles ainda estão presentes nas geladeiras e em aparelhos de ar condicionado antigos, e se não forem devidamente recolhidos serão liberados para a atmosfera em algum momento.

O ozônio (O₃) é formado na estratosfera em duas etapas: na primeira, moléculas de oxigênio (O₂) são quebradas em átomos (O) pela luz do Sol, em um processo conhecido como **fotodissociação**. Esses átomos de oxigênio (O), que são espécies muito reativas, reagem com o oxigênio molecular (O₂) para formar o ozônio (O₃), sendo esta a segunda etapa.

Esses processos podem ser representados pelas equações a seguir:

$$\text{O}_2 (\text{g}) \xrightarrow{\text{luz do sol, } \lambda < 340 \text{ nm}} \text{O} (\text{g}) + \text{O} (\text{g}) \quad (\text{etapa 1})$$

$$\text{O} (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{O}_3 (\text{g}) \quad (\text{etapa 2})$$

O ozônio é decomposto pela radiação ultravioleta (UV), formando oxigênio molecular, O₂ e oxigênio atômico. Esse processo pode ser representado pela equação:

$$\text{O}_3 (\text{g}) \xrightarrow{\text{UV, } \lambda < 310 \text{ nm}} \text{O}_2 (\text{g}) + \text{O} (\text{g})$$

Os átomos de oxigênio produzidos nessa etapa podem reagir com outras moléculas de oxigênio para produzir mais ozônio. Assim, normalmente a concentração de ozônio na estratosfera permanece constante, com variações sazonais.

3

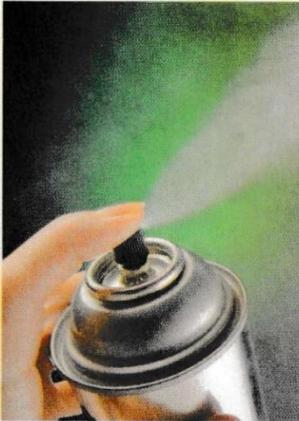


Figura 3.22
Os CFCs já foram muito utilizados, principalmente em aparelhos de refrigeração e nas embalagens aerossóis. Atualmente esse gás não é mais utilizado.

CINÉTICA QUÍMICA: CONTROLANDO A VELOCIDADE DAS REAÇÕES QUÍMICAS

137

(8a)

Fonte: MORTIMER; MACHADO, 2016, p.137.

A Figura 13 apresenta uma sequência de fotografias do livro classificadas como legendas problematizadoras. Tais fotografias em suas legendas apresentam perguntas que evocam a variável tempo no estudo da taxa de desenvolvimento das

(8b)

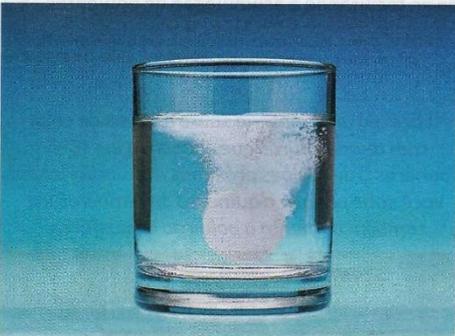
reações, bem como os fatores que a influenciam e permitem controlar essa taxa, tornando as reações mais rápidas ou mais lentas.

Figura 13: Fotografias quanto à legenda problematizadora.



Taxa de desenvolvimento da reação

Observe as imagens a seguir e as perguntas que as acompanham.

<p style="font-size: 8px; margin: 0;">The Image Bank/Getty Images</p>  <p style="font-size: 10px; margin: 5px 0;">Quanto tempo um <i>air bag</i> demora para ser acionado?</p>	<p style="font-size: 8px; margin: 0;">China, Bulbarr/Getty Images</p>  <p style="font-size: 10px; margin: 5px 0;">Quanto tempo uma laranja demora para se decompor?</p>
<p style="font-size: 8px; margin: 0;">SP/Lainstock</p>  <p style="font-size: 10px; margin: 5px 0;">Quanto tempo o petróleo precisa para se formar?</p>	<p style="font-size: 8px; margin: 0;">Rebbyhaha/Shutterstock/Glow Images</p>  <p style="font-size: 10px; margin: 5px 0;">Quanto tempo demora a explosão dos fogos de artifício?</p>
<p style="font-size: 8px; margin: 0;">Digo Carro/Shutterstock/Glow Images</p>  <p style="font-size: 10px; margin: 5px 0;">Quanto tempo um comprimido efervescente demora para se desfazer na água?</p>	<p style="font-size: 8px; margin: 0;">Sergio Dotta/Arquivo da editora</p>  <p style="font-size: 10px; margin: 5px 0;">Qual a diferença entre o tempo que o $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ gasta para se decompor sozinho e na presença de batata?</p>



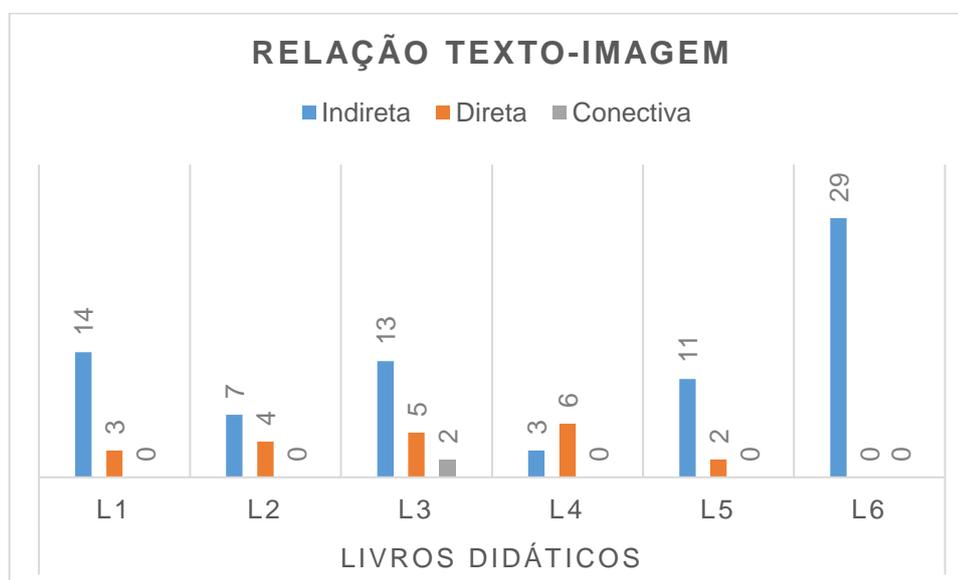
Capítulo 7

Fonte: FONSECA, 2016, p.150.

A categoria relação texto-imagem objetiva verificar a indicação de chamada da imagem fotográfica no corpo do texto. Algumas particularidades foram encontradas em alguns LD: o livro L1 identifica todos os recursos visuais através de números em sequência ao longo do capítulo (exemplo: Figura 3.1). O livro L3 também apresenta identificação dos recursos visuais em sequência, mas esta é feita por página. Segundo Silva, Braibante e Pazinato (2013), essa identificação auxilia os leitores na organização da leitura.

As fotografias presentes nos seis livros didáticos quando analisadas na perspectiva desta categoria apresentaram o resultado expresso na Figura 14.

Figura 14: Classificação das fotografias quanto à relação texto-imagem.



Fonte: Livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2018.

Observando o gráfico (ver Figura 14), percebemos que a relação texto-imagem do tipo indireta, em que o texto não faz referência a fotografia, é maioria nos livros L1, L2, L3, L5 e no L6 apresenta-se como a totalidade das fotografias. Desse modo, espera-se que a relação entre o conteúdo e a fotografia seja realizada pelo leitor.

Considerando que os textos verbais complementam as imagens e vice-versa, detectamos que um grande número de fotografia está indiretamente ligada ao texto principal. Em casos, que a fotografia não apresente indicação de chamada no texto (sinalização), menor interatividade na relação conteúdo/fotografia/leitor, apresentará. Assim, além de dificultar a linearidade da leitura, pode comprometer a aprendizagem (SILVA; BRAIBANTE; PAZINATO, 2013).

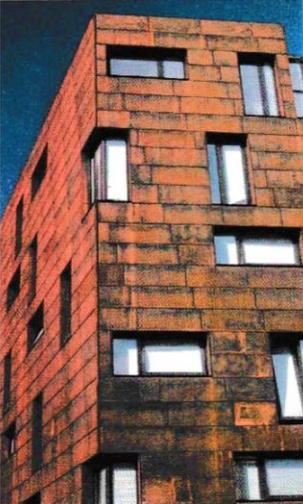
Segundo Coutinho *et al.* (2010, p.7),

A sinalização dirige a atenção do aluno para o material relevante, disponibilizando para ele formas de ignorar o material supérfluo ou irrelevante, possibilitando o uso de suas capacidades cognitivas para processar o material relevante.

A escolha/uso da imagem fotográfica deve levar em conta também a possibilidade de contextualização. Contudo, Wartha *et al.* (2013) observa que esta tem sido interpretada de maneira simplista por alguns educadores em Química, significando apenas a explicação científica de fatos e processos pertencentes ao cotidiano dos alunos. Numa proposta mais elaborada, Wartha *et al.* (2013) propõe a contextualização como estratégia ou metodologia de ensino na perspectiva de uma educação transformadora, que aproxime os fatos e processos da realidade social dos alunos e os conhecimentos científicos, de modo que um atribua significado ao outro.

O livro L4 é o que possui mais fotografias com relação direta, seguido dos livros L3, L2 L1 e L5. Essas fotografias estabelecem correspondência entre seus elementos com o conteúdo descrito, como podemos observar na Figura 15.

Figura 15: Fotografia quanto à relação texto-imagem direta.



Jim Batty/Alamy/Other Images

REAÇÃO LENTA: A FORMAÇÃO DE FERRUGEM

A formação de ferrugem é uma reação química na maioria das vezes indesejável. E mesmo que ocorra lentamente, quando a intenção é a manutenção de peças metálicas, o ideal é retardá-la ainda mais ou impedir sua ocorrência.

No entanto, há casos em que a ferrugem é usada propositalmente, como em trabalhos artísticos, peças decorativas ou projetos arquitetônicos. A figura ao lado mostra um edifício em Londres, na Inglaterra, cuja fachada é toda de ferro enferrujado, com o objetivo de dar uma cor castanho-clara característica da ferrugem.

A ferrugem é resultado de uma reação do ferro com o oxigênio, que ocorre na presença de água. Ela pode ser representada pela seguinte equação:

$$2 \text{Fe (s)} + \frac{3}{2} \text{O}_2 \text{(g)} + n \text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O (s)}$$

Para evitá-la, o modo mais simples é não deixar os reagentes em contato. Como é praticamente impossível impedir o contato do oxigênio do ar ou da água das chuvas com as grades de ferro, por exemplo, a melhor solução acaba sendo pintá-las, para que a estrutura de ferro não tenha contato com o oxigênio e a água. As tintas ainda são, portanto, a melhor solução contra a ferrugem para o caso de grades e portões de ferro. Uma outra solução é o chamado **eletrodo de sacrifício**, usado para preservar peças de ferro ou de outros metais que estão em contato constante com a água do mar. Nesse caso, usa-se um material que se oxida mais facilmente do que o ferro e que, dessa forma, vai se oxidar no lugar dele. Trabalharemos esse assunto no capítulo 5 deste volume.

Figura 3.7
Prédio em Londres (Inglaterra) cuja fachada é enferrujada propositalmente.

Fonte: MORTIMER; MACHADO,2016, p.126.

A imagem fotográfica na Figura 15 está relacionada com o seguinte trecho do texto principal:

No entanto, há casos em que a ferrugem é usada propositalmente, como em trabalhos artísticos, peças decorativas ou projetos arquitetônicos. **A figura ao lado** mostra um edifício em Londres, na Inglaterra, cuja fachada é toda de ferro enferrujado, com o objetivo de dar uma cor castanho-clara característica da ferrugem. (MORTIMER; MACHADO, 2016, p.126, grifo nosso).

O termo 'a figura ao lado' estabelece uma relação direta entre a informação apresentada pelo texto verbal e os elementos contidos na fotografia (a fachada do edifício, situação no espaço: Londres, fenômeno químico ferrugem, a coloração característica), direcionando o olhar do leitor para o recurso visual.

O livro L3 é o único que apresenta fotografias referente à relação conectiva entre texto-imagem. Essa relação descreve a correspondência entre os elementos contidos na fotografia e o conteúdo, de modo que a fotografia deve estar acompanhada do texto para o desenvolvimento da explicação do conteúdo. Essa relação chama a atenção para visualidade, destacando pontos na observação das fotografias. Podemos observar no trecho abaixo e na Figura 16, a relação conectiva entre texto e imagem:

Uma mesma reação pode ser mais rápida ou mais lenta, dependendo das condições em que ela acontece. Veja por exemplo, a reação de magnésio com água (imagem **A**). O magnésio (Mg) interage muito lentamente com água fria no tubo **I**. No tubo **II**, temos magnésio em água morna. A temperatura mais alta torna a reação mais rápida. Observe as bolhas se desprendendo no tubo **II**. Ambos os tubos contêm fenolftaleína, que adquire coloração rósea à medida que a reação ocorre e se forma hidróxido de magnésio. Por que se verifica a diferença de comportamento observada na fotografia? Que fatores alteram a rapidez das reações? (LISBOA *et. al.*, 2016, p.78, grifo do autor).

Mortimer e Miranda (1995) evidenciam que os alunos apresentam dificuldades em reconhecer a transformação que ocorre com as entidades químicas participantes da reação, bem como aquelas que permanecem constantes e as explicações dadas para os fenômenos se baseiam nas evidências visualizadas como, por exemplo, mudança de cor e temperatura, desprendimento de gás, etc. A fotografia, por

representar o nível macroscópico do conhecimento químico pode reforçar essas explicações.

Figura 16: Fotografia quanto à relação texto-imagem conectiva.

Como as reações ocorrem?

Uma mesma reação pode ser mais rápida ou mais lenta, dependendo das condições em que ela acontece.

Veja, por exemplo, a reação de magnésio com água (imagem A).

O magnésio (Mg) interage muito lentamente com água fria no tubo I. No tubo II, temos magnésio em água morna. A temperatura mais alta torna a reação mais rápida. Observe as bolhas se desprendendo no tubo II. Ambos os tubos contêm fenolftaleína, que adquire coloração rósea à medida que a reação ocorre e se forma hidróxido de magnésio.

Por que se verifica a diferença de comportamento observada na fotografia? Que fatores alteram a rapidez das reações?

Teoria das colisões

Trata-se de um modelo que explica satisfatoriamente os fatores que influem na rapidez das reações. De acordo com a teoria das colisões, átomos, moléculas ou íons das substâncias reagentes devem colidir para que a reação química ocorra. Quanto mais colisões por unidade de tempo (maior frequência de choques), maior será a rapidez da reação.

Segundo essa teoria, para que haja uma reação é necessário que a colisão ocorra com uma quantidade mínima e suficiente de energia, capaz de provocar um rearranjo de átomos dos reagentes, formando novas ligações (imagem B).

Representação sem proporção de tamanho.

Representação das colisões em uma reação química. Observe a orientação das moléculas quando colidem. Imagem em cores-fantasia.

Representação sem proporção de tamanho.

I e II: orientações não favoráveis; III: orientação favorável. Representação em cores-fantasia.

Capítulo 4 - A rapidez das reações químicas

78

Não escreva no livro.

Equation-Block:

$$A_2 + B_2 \rightarrow 2 AB$$

Image A: Two test tubes labeled I and II. Tube I contains magnesium metal and water with phenolphthalein, showing a colorless solution. Tube II contains magnesium metal and warm water with phenolphthalein, showing a pink solution with bubbles rising from the metal.

Image B: A 3D molecular model showing red spheres (A) and grey spheres (B) colliding. The caption indicates it is a representation without size proportion.

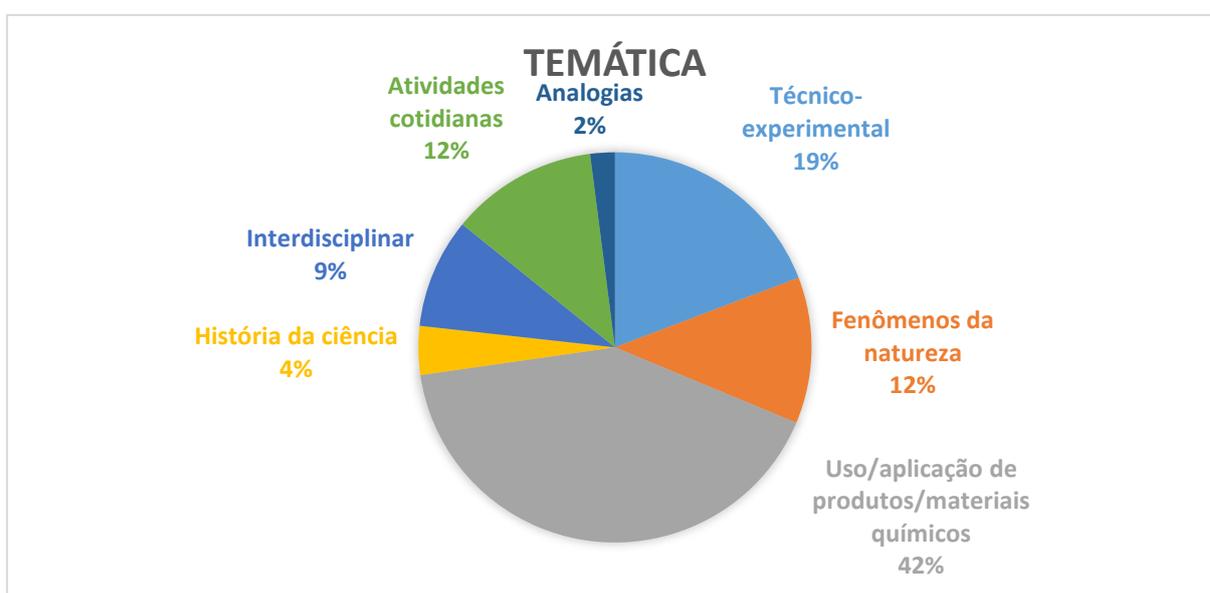
Image C: A diagram illustrating molecular collisions for the reaction $A_2 + B_2 \rightarrow 2 AB$. It shows three scenarios: I and II show unfavorable orientations where the molecules do not align to form the product; III shows a favorable orientation where the molecules align to form the product. The caption notes that I and II are unfavorable orientations, while III is a favorable orientation.

Fonte: LISBOA et. al., 2016, p.78.

Dessa maneira, Gibin e Ferreira (2013) salientam que as imagens não são autoexplicativas, sendo necessária a mediação do professor na sua compreensão, explicando os aspectos mais relevantes.

Quanto a categoria *temática*, do total de imagens fotográficas classificadas, 42% pertencem à subcategoria uso/aplicação de produtos/materiais químicos, 19% à técnico-experimental, 12% à fenômenos da natureza, 12% a atividades cotidianas, 9% à abordagem interdisciplinar, 4% à história da ciência e 2% a analogias (Figura 17).

Figura 17: Imagens fotográficas classificadas quanto à temática.



Fonte: Livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2018.

Os dados descritos mostram que as fotografias presentes nos livros didáticos, em sua maioria, enfatizam o uso e aplicação de produtos/materiais químicos, sendo presente em todos exemplares analisados e mais expressiva no livro L6 com 17 fotografias, seguida do livro L1 com 11 fotografias. Podemos inferir a forte influência da ciência na sociedade com sua produção material. Nas palavras de Pietrocola (2010, p. 122), “*parte da atividade científica, ou pelo menos uma decorrência dela, relaciona-se à representação de situações por meio de conceitos por ela produzidos*”.

A própria imagem fotográfica é produto da atividade científica. A propósito, um dos conhecimentos básicos para a origem da fotografia é o da propriedade de alguns elementos químicos que reagem quando expostos à luz (SHIMODA, 2009).

Segundo Kossoy (2007, p. 31),

A imagem, em especial a fotográfica, sempre se viu tradicionalmente relegada à condição de 'ilustração' dos textos e 'apêndice' da história. No entanto, a documentação iconográfica é uma das fontes mais preciosas para o conhecimento do passado; trata-se, porém, de um conhecimento de aparência: as imagens guardam em apenas indícios, a face externa de histórias que não se mostram, e que pretendemos desvendar.

No trecho acima Kossoy (2007) destaca o papel cultural da fotografia: o seu poder de informar e desinformar, emocionar e transformar, denunciar e manipular.

Ao mesmo tempo em que tem preservado as referências e lembranças do indivíduo, documentado os feitos cotidianos do homem e das sociedades em suas múltiplas ações, fixando, enfim, a memória histórica, ela também se prestou – e se presta – aos mais interesseiros e dirigidos usos ideológicos. (KOSSOY, 2007, p.31)

A busca pelo conhecimento tem sido desde sempre uma das grandes preocupações do homem. Na tentativa de compreender a realidade, o homem ordena e organiza as suas representações, buscando transformar e adaptar o meio ambiente às suas necessidades. E modifica o meio não apenas com o uso da tecnologia, por meio de mudanças físicas, mas básica e fundamentalmente através da palavra, dos símbolos que cria para interpretar o mundo (DUARTE JUNIOR, 1988).

A ocorrência, em sua maioria, de fotografias que representam o uso/aplicação de produto/materiais químico está intrinsecamente ligado a cultura através do homem, da necessidade de se criar novos objetos, novos instrumentos, novas ordens, assim, o homem vai transformando o mundo e atribuindo-lhe significados.

A temática História da Ciência é pouco encontrada nas fotografias contidas nos livros, estando presente apenas nos livros L4 e L6 com 2 fotografias em cada obra. Esta ocorrência, ou seja, a ausência em se explorar fotografias na abordagem da História da Ciência, pode indicar pouca correlação com o processo de construção do conhecimento da ciência química, que poderiam oferecer melhorias na construção do conhecimento. Segundo Santos e Porto (2013), a análise do processo histórico do desenvolvimento da ciência pode atribuir significado ao conhecimento químico, ao conhecer as questões que motivaram as ideias e o olhar peculiar sobre a realidade.

Abaixo, na Figura 18 é possível observar algumas fotografias com a temática História da Ciência, em que se representa dois químicos que contribuíram com a lei da ação das massas.

Figura 18: Fotografias com a temática História da Ciência.



Cato Maximilian Guldberg

4 Lei da ação das massas

Dois químicos noruegueses, Cato Maximilian Guldberg (1836-1902) e Peter Waage (1833-1900), estabeleceram, por volta de 1864, a **lei da ação das massas**, na qual o termo massa é utilizado para expressar concentração em quantidade de matéria, mol/L:

A cada temperatura, a taxa de desenvolvimento de uma reação é diretamente proporcional ao produto das concentrações em quantidade de matéria dos reagentes, elevadas a expoentes determinados experimentalmente.

Considere a seguinte reação genérica, corretamente balanceada:

$$aA + bB \longrightarrow cC + dD$$

De acordo com o enunciado da lei da ação das massas, a taxa de desenvolvimento dessa reação pode ser calculada pela expressão:

$$Td = k \cdot [A]^\alpha \cdot [B]^\beta$$

- k é uma constante que só depende do valor da temperatura;
- α e β são expoentes, cujo valor numérico é determinado experimentalmente.

Reação elementar

Quando uma reação química se desenvolve em uma única etapa, dizemos que a **reação é elementar**.

Numa reação elementar, os expoentes a que devem ser elevadas as concentrações em quantidade de matéria dos reagentes na expressão da taxa de desenvolvimento são os próprios **coeficientes dos reagentes** na equação balanceada. Assim, se a reação:

$$aA + bB \longrightarrow cC + dD$$

for elementar, a expressão da taxa de desenvolvimento será dada diretamente pela expressão: $Td = k \cdot [A]^a \cdot [B]^b$.

Por exemplo, considere a reação elementar de neutralização entre o cátion hidrônio e o ânion hidróxido formando água:

$$1 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + 1 \text{OH}^-(\text{aq}) \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\ell)$$

A taxa de desenvolvimento dessa reação é expressa por:

$$Td = k \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-]$$

Tal expressão deve ser lida da seguinte maneira:

“A taxa de desenvolvimento da reação de formação da água é proporcional ao produto de uma constante (que só depende da temperatura) pela concentração em quantidade de matéria do cátion hidrônio elevada à 1ª potência, e pela concentração em quantidade de matéria do ânion hidróxido, também elevada à 1ª potência.”

Guldberg e Waage publicaram um trabalho sobre a lei da ação das massas em norueguês, o que ocasionou um atraso de quinze anos no meio científico, até que os químicos alemães e franceses tomassem conhecimento a respeito.

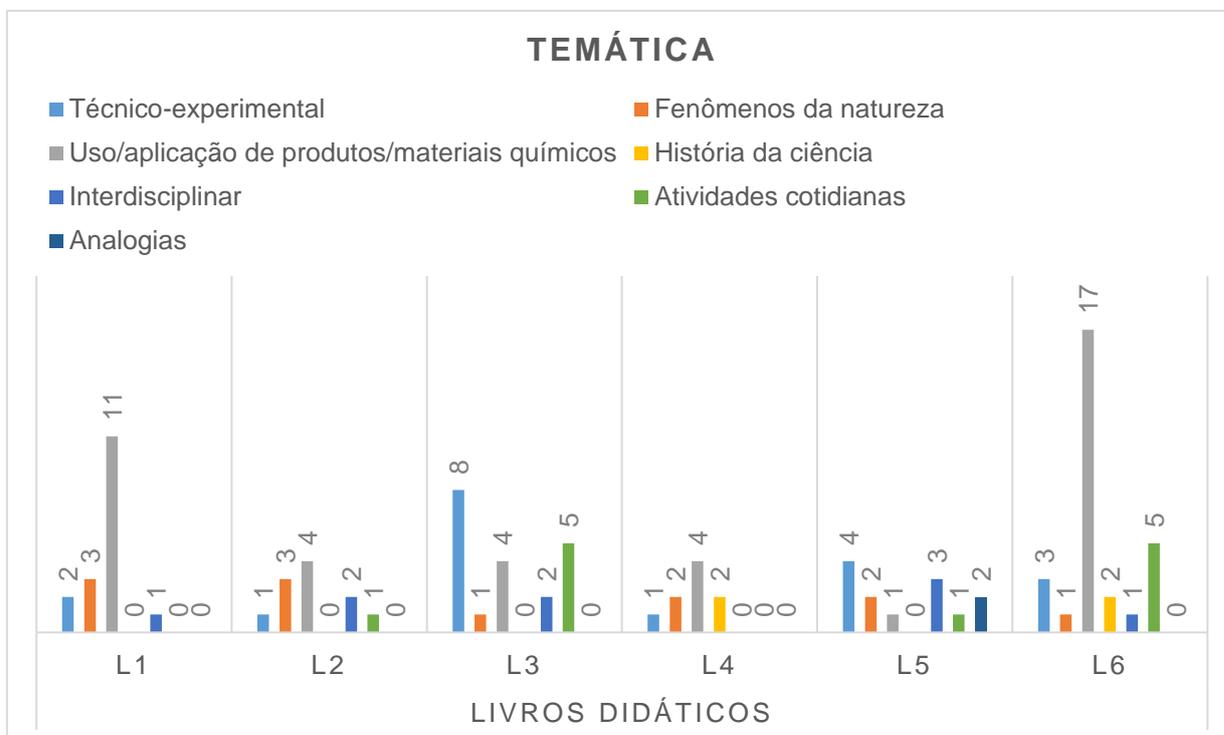
168

Capítulo 7

Fonte: FONSECA, 2016, p. 168.

No gráfico (ver Figura 19), podemos visualizar a frequência para cada subcategoria quanto à temática em cada obra analisada.

Figura 19: Classificação das fotografias quanto à temática.



Fonte: Livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2018.

Observando o gráfico acima (Figura 19), o uso de fotografias que se faz uso de analogia também é pouco frequente, sendo utilizado apenas pelo livro L5, como exemplo representado na Figura 20.

Os autores, Novais e Antunes (2016), supõem a seguinte situação para o leitor:

um esportista tem o desafio de realizar um conjunto de duas atividades em um tempo inferior ao obtido por outro esportista, que as realizou um mês antes. Em primeiro lugar, ele deve escalar uma montanha; depois, deve saltar do topo dessa montanha, voltando ao ponto de partida (veja as fotos) **[Figura 20]**. Agora reflita: certamente, a primeira parte da tarefa é muito mais demorada do que a segunda; assim o tempo total para realizar o desafio é praticamente o tempo gasto para escalar a montanha. [...]. Concluímos que a velocidade de uma reação é determinada por sua etapa mais lenta. (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p.142).

Figura 20: Fotografias com a temática analogia.

Suponha a seguinte situação: um esportista tem o desafio de realizar um conjunto de duas atividades em um tempo inferior ao obtido por outro esportista, que as realizou um mês antes. Em primeiro lugar, ele deve escalar uma montanha; depois, deve saltar do topo dessa montanha, voltando ao ponto de partida (veja as fotos).



Escalar a montanha.



Saltar. O equipamento usado para o salto chama-se wingsuit ("traje para voar").

Agora reflita: certamente, a primeira parte da tarefa é muito mais demorada do que a segunda; assim, o tempo total para realizar o desafio é praticamente o tempo gasto para escalar a montanha.

Agora transponha esse raciocínio para a análise da reação.

A etapa (1), $2\text{NO}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{NO}_3(\text{g}) + \text{NO}(\text{g})$, por ser lenta, determina a velocidade do processo. Por isso, apesar de a equação global ser:

$$\text{NO}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \longrightarrow \text{NO}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$$

$$v = k \cdot [\text{NO}_2]^2$$

temos uma reação de segunda ordem (de ordem 2 em relação a NO_2 e de ordem zero em relação a CO). O número 2, que indica "segunda ordem", é o expoente da concentração em mol/L do NO_2 na etapa lenta.

Concluímos que a velocidade de uma reação é determinada por sua etapa mais lenta.

Fonte: NOVAIS; ANTUNES, 2016, p.142.

Na sequência, nas Figuras 21, 22 e 23, apresentamos imagens fotográficas das subcategorias quanto às temáticas: fenômeno da natureza, técnico experimental, atividades cotidianas e uso/aplicação de produtos/materiais químicos, respectivamente, identificadas nesta investigação.

Figura 21: Fotografia com a temática fenômeno da natureza.



▲ Navios naufragados no litoral brasileiro, como a **Corveta Ipiranga**, em **Fernando de Noronha**, enferrujam mais rapidamente do que navios naufragados em regiões próximas aos polos Norte ou Sul, devido à temperatura mais elevada de nosso litoral, o que acelera as reações.

Um exemplo desse tipo de reação é a que ocorre entre os gases monóxido de nitrogênio (NO) e oxigênio (O_2), formando dióxido de nitrogênio (NO_2), que diminui sua rapidez com o aumento da temperatura por causa da redução da estabilidade do complexo intermediário.

O controle da temperatura é muito importante em diversos ramos da indústria. Normalmente, há necessidade de aumentar a rapidez das reações envolvidas nos processos de produção, para diminuir custos, pois as indústrias consomem muita energia nesses processos. Em outros casos, como nos alimentos, há necessidade de que as reações de degradação sejam retardadas, para que eles se conservem por mais tempo.

A luz também pode influenciar na rapidez de certas reações químicas. Nesse caso, a energia de ativação é fornecida pela energia da radiação luminosa.

Reações que ocorrem devido à presença de luz são chamadas **reações fotoquímicas**. Como exemplos, podemos citar o processo de fotossíntese e a impressão de chapas fotográficas.

Superfície de contato

Talvez você já tenha visto um combustível líquido, como gasolina ou álcool, pegar fogo. O fogo fica na superfície do líquido (classe B), porque é aí que existe o contato com o outro reagente: o oxigênio do ar.

Fonte: SANTOS; MOL, 2016, p.152.

Figura 22: Fotografia com a temática técnico-experimental.

Atividade experimental

Fatores que influenciam na rapidez de reações

Objetivo
Interpretar o efeito da superfície de contato, da concentração e da temperatura sobre a rapidez de reações químicas.

Material

- água quente (meio copo de 200 mL)
- água em temperatura ambiente (meio copo de 200 mL)
- 6 frascos incolores ou béqueres de 100 mL
- 2 comprimidos efervescentes de antiácido
- 100 mL de solução de sulfato de cobre(II) 0,1 mol/L
- 50 mL de solução de sulfato de cobre(II) 0,5 mol/L
- 4 pedaços de barbante de 10 cm
- 3 pregos de ferro
- 1 chumaço de palha de aço
- 1 cronômetro ou relógio com ponteiro de segundos

Equipamentos de segurança
Óculos de segurança e avental de algodão com mangas compridas.

Procedimento

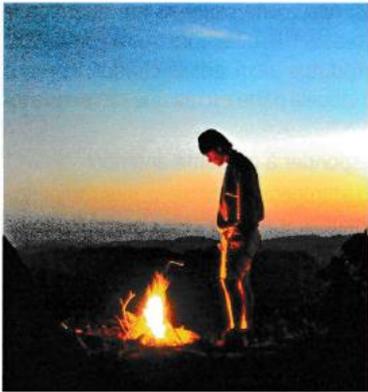
Efeito da concentração



Alguns dos materiais usados na atividade experimental.

Fonte: LISBOA *et al.*, 2016, p. 97.

Figura 23: Fotografias com as temáticas (a) e (c) atividades cotidianas e (b) uso e aplicação de produtos/materiais químicos.



▲ Um escoteiro sabe que para acender uma fogueira é necessário juntar gravetos bem finos, que têm uma superfície de contato muito maior do que a lenha e, por isso, pegam fogo com mais facilidade.



◀ Explosões em silos podem acontecer devido ao fino pó que fica suspenso e pode ter sua combustão iniciada, por exemplo, por uma faísca ao acender um interruptor.



◀ Qual das duas batatas irá cozinhar mais rapidamente? Qual delas perderá mais nutrientes?

Fonte: FONSECA, 2016, p. 168.

As imagens fotográficas procuram comunicar algo além do visível. Em especial no ensino do conhecimento químico, sendo de natureza abstrata, e convivendo com

a crescente intervenção da tecnologia no dia a dia, dessa maneira, torna-se imprescindível o estímulo a 'pensar a imagem fotográfica': observá-la, explorá-la e refleti-la. Atribuir sentidos a uma imagem fotográfica é subjetivo e depende do nível de conhecimento que o leitor tem sobre a temática que está representada (PRALON, 2012).

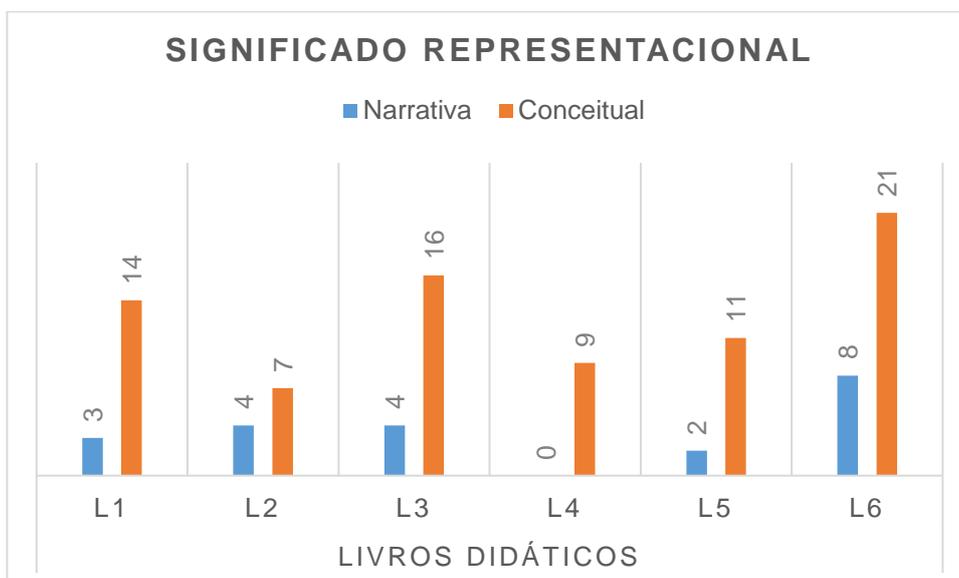
6.2 Imagens fotográficas sob a perspectiva da Gramática de Design Visual (GDV)

A análise quanto aos significados das 99 fotografias, presentes nos seis livros didáticos de química na abordagem cinética química, seguiu os pressupostos teóricos elaborados por Kress e van Leeuwen (2006) na Gramática de Design Visual. Para fins de sistematização, optamos por iniciar a análise das fotografias pelo *Significado Representacional*, identificando *Processos Narrativos* ou *Conceituais*. Em seguida, foi descrito o modo como ocorre a interação entre o participante interativo e o participante representado, observando os *Significados Interacionais* de *Contato*, a *Distância Social*, os *Ângulos Horizontal* e *Vertical* e a *Modalidade*. Por fim, selecionamos algumas fotografias para analisarmos como um todo integrado, verificando como ocorre a relação entre os três significados *Representacional*, *Interacional* e *Composicional*.

As subcategorias dos significados *Representacional* e *Interacional* foram tabuladas e quantificadas separadamente para apresentarmos os dados levantados de modo mais detalhado. Na sequência, esses dados são interpretados e discutidos.

A análise das fotografias indicou a predominância de *Processos Conceituais*, 78,8% de ocorrência, representado na Figura 24.

Figura 24: Representação gráfica de dados, Significado representacional.



Fonte: Livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2018.

As imagens fotográficas que indicaram *Processos Narrativos* perfizeram um total de 21,2% das fotografias (21 de 99), sendo que destas 18 representam processos de *Ação Transacional*. Dentre as fotografias *Narrativas*, tivemos, também, a ocorrência de 01 *Ação Não-Transacional*, 01 *Reação Transacional* e 01 *Reação Não-Transacional*. Não tivemos ocorrência de imagens fotográficas que representassem os processos Mentais e Verbais, Conversão, Simbolismo Geométrico e Circunstâncias.

Como exemplo de *Processo Narrativo Ação Não-Transacional*, processo de ação (com um começo e um fim) tendo a participação de apenas um participante, o *ator* (quem exerce a ação), tomamos a sequência de fotografias do acionamento de um *airbag*, Figura 25. Neste caso, o *vetor* é formado pelo *airbag* “em ação” ao inflar – o *ator* após a ocorrência de um choque.

Figura 25: Fotografia caracterizando Processo Narrativo.

Os sensores de choque e a velocidade da reação química que produz os gases que inflam os *airbags* são dois itens fundamentais para garantir o seu bom funcionamento. Os sensores de choque, normalmente localizados na frente do carro, são ligados a um microprocessador que analisa os padrões de velocidade, de aceleração, dos choques e das freadas e compara-os com padrões relacionados a acidentes. Quando acontece a colisão, o microprocessador avalia a gravidade do choque e, conforme o caso, dispara a reação química.

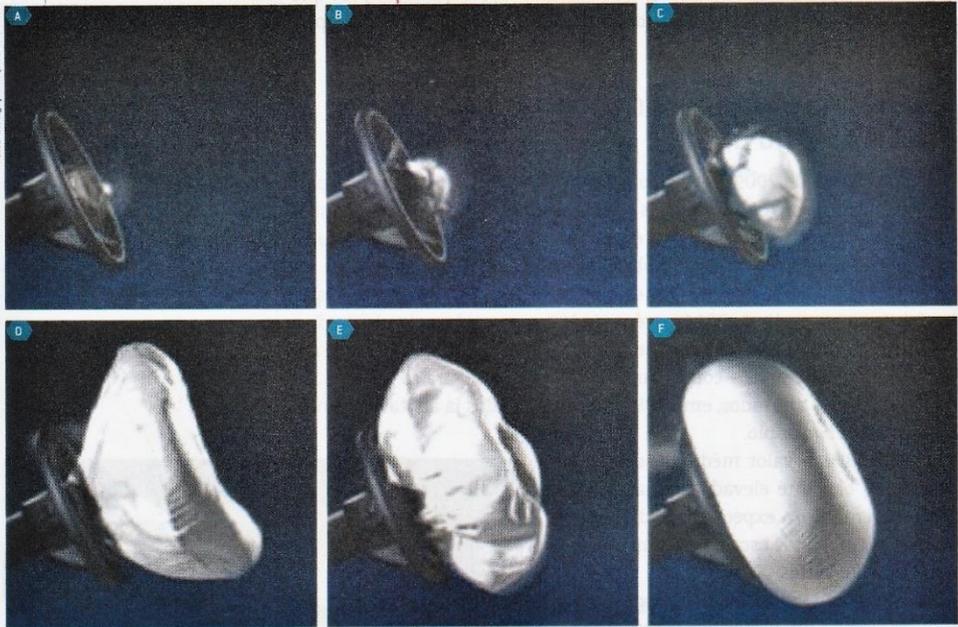


Figura 3.3
A sequência de figuras mostra o acionamento de um *airbag*.

A reação química é produzida num dispositivo ligado à bolsa de poliamida. Nesse dispositivo há uma mistura de azida de sódio (NaN_3), nitrato de potássio (KNO_3) e dióxido de silício (SiO_2). Quando o microprocessador detecta o choque, ele provoca uma faísca elétrica que aumenta a temperatura em até $300\text{ }^\circ\text{C}$ e faz com que a azida de sódio produza sódio metálico, Na (s), e nitrogênio gasoso, N_2 (g), na quantidade necessária para inflar a bolsa (equação 1, a seguir).

O sódio metálico (Na) é muito reativo: reage com o nitrato de potássio (KNO_3), produzindo óxido de potássio (K_2O), óxido de sódio (Na_2O) e mais nitrogênio gasoso (N_2) (equação 2). Por sua vez, o óxido de potássio (K_2O) e o óxido de sódio (Na_2O) reagem com o dióxido de silício (SiO_2), produzindo um silicato alcalino, que é um produto estável e seguro (equação 3).

Essas três reações químicas podem ser assim representadas:

$$\text{NaN}_3 (\text{s}) \xrightarrow{300\text{ }^\circ\text{C}} \text{Na} (\text{s}) + \frac{3}{2} \text{N}_2 (\text{g}) \quad (\text{equação 1})$$

$$10 \text{Na} (\text{s}) + 2 \text{KNO}_3 (\text{s}) \rightarrow \text{K}_2\text{O} (\text{s}) + 5 \text{Na}_2\text{O} (\text{s}) + \text{N}_2 (\text{g}) \quad (\text{equação 2})$$

$$\text{K}_2\text{O} (\text{s}) + \text{Na}_2\text{O} (\text{s}) + \text{SiO}_2 (\text{s}) \rightarrow \text{silicato alcalino} \quad (\text{equação 3})$$

124 CAPÍTULO 3

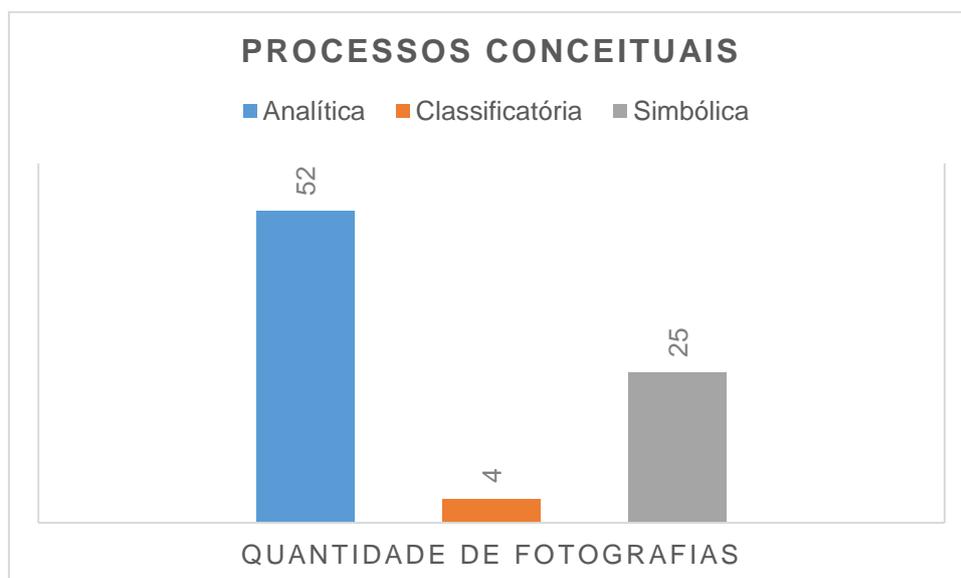
Fonte: MORTIMER; MACHADO, 2016, p.124.

Segundo Costa (2013) uma sequência de imagens fotográficas permite a visualização de aspectos particulares do que é estudado. Neste caso, particular, do acionamento de um *airbag*, que ocorre em frações de segundo, a visualidade de

fragmentos do tempo em ação possibilita para o aluno uma narrativa visual do conteúdo descrito.

Os resultados também indicaram que predominam *Processos Conceituais* do tipo *Analítico*, com foco no *Portador* e seus *Atributos*, ou seja, representam o participante em suas relações de estrutura em termos de parte-todo. Na Figura 26, podemos observar a ocorrência das fotografias referente aos *Processos Conceituais*.

Figura 26: Representação gráfica de dados, Processos Conceituais.



Fonte: Livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2018.

Dentre as fotografias *Conceituais*, verificamos, também, a ocorrência de vinte e cinco (25) imagens fotográficas *Conceituais Simbólicas*, o que significa que as fotografias representam o significado ou a identidade do *Participante Representado*.

A fotografia dos fogos de artifício, Figura 27, representa um processo ocasionado pelo calor liberado na explosão, responsável pelo brilho e cor dos fogos de artifício, no entanto, a abordagem em que a fotografia é empregada no livro didático (L4) é referente a uma parte de um todo para a explicação da taxa de desenvolvimento da reação, enquadrando-se em um *Processo Conceitual Analítico*.

Figura 27: Fotografias caracterizando Processo Conceitual Analítico.

1 Taxa de desenvolvimento da reação

Observe as imagens a seguir e as perguntas que as acompanham.



Quanto tempo um *air bag* demora para ser acionado?



Quanto tempo uma laranja demora para se decompor?



Quanto tempo o petróleo precisa para se formar?



Quanto tempo demora a explosão dos fogos de artifício?



Quanto tempo um comprimido efervescente demora para se desfazer na água?



Qual a diferença entre o tempo que o $H_2O_2(aq)$ gasta para se decompor sozinho e na presença de batata?

150 Capítulo 7

Fonte: FONSECA, 2016, p.150

O enfoque é a taxa de desenvolvimento da reação: “*Quanto tempo demora a explosão dos fogos de artifício?*”, descrito na legenda que acompanha a fotografia. Explora-se o visual na fotografia, representando o fenômeno químico em nível

macroscópico, mas não a explora a partir das informações implícitas, as entidades químicas que refletiriam a um *Processo Narrativo*, o funcionamento dos fogos de artifícios, que estão presentes em um nível submicroscópico, imperceptíveis pelos nossos sentidos. Kossoy (2007) nos descreve detalhadamente as informações explícitas e implícitas que envolvem a imagem fotográfica:

Qualquer que seja a imagem, nela existe um inventário de informações acerca do tema principal (que é o motivo da foto) e do seu entorno; trata-se de informações explícitas e implícitas, a saber: as explícitas, específicas ao objeto de representação; registros fotográficos que retratam ou documentam o assunto: o visível, o aparente da representação; [...] implícitas, relativas à história e ao contexto que envolvem o tema registrado, são da ordem dos fatos passados e das mentalidades, heranças culturais e ideológicas que afetam o indivíduo. Não se fazem ver, são invisíveis, o oculto da representação. (KOSSOY, 2007, p. 50-51).

Segundo Silva e Hussein (2013), a percepção das evidências (informações explícitas) que indicam a ocorrência de fenômenos dos conteúdos abordados na disciplina de Química é o primeiro contato do aluno com um mundo essencialmente microscópico. Os aspectos visuais tendem a serem marcantes, mas não devem caracterizar as reações químicas, que ocorrem em nível atômico-molecular.

A imagem fotográfica, Figura 28, estabelece um *Processo Conceitual Simbólico*, identificado na legenda da fotografia, pois seu significado para o conhecimento químico é concebido pela analogia entre a ação de um catalizador e o túnel (participante representado) na imagem fotográfica.

No entanto, a Figura 28, pode ser, também, classificada como um *Processo Narrativo Transacional de Ação*: as setas com direcionamento para baixo nas placas de sinalizações e a estrada que corre diagonalmente – *ator*, que forma o vetor -, se inter cruzam conduzindo para o túnel – *meta*, o qual é indicado pelo vetor -, objetivo da imagem fotográfica.

Embora possamos classificar as imagens por seus processos mais evidentes, tomando como referência nosso contexto, é importante citarmos a advertência feita por Kress e van Leeuwen (2006) de que não se deve supor que seja possível reduzir a complexidade imagética a um único significado. Desse modo, se faz necessário enfatizar que cada imagem fotográfica pode conter processos subjacentes ou secundários que permitem classificá-las ou interpretá-las de diferentes maneiras,

como procuramos demonstrar em torno das discussões das Figuras 27 e 28, a fotografia dos fogos de artifícios e a do túnel em Florianópolis, respectivamente.

Figura 28: Fotografia caracterizando Processo Conceitual Simbólico.



Fonte: NOVAIS; ANTUNES, 2016, p.145.

A imagem fotográfica apresenta várias possibilidades de leitura. Nesse sentido, Pereira e Terrazzan (2009) destacam a necessidade de uma intervenção intensa do professor ao utilizar textos multimodais, pois estes apresentam lacunas que não chegam a desqualificar seu uso, mas requerem complementações para viabilizar a construção do significado por parte do aluno.

Na aprendizagem, segundo Silva e Hussein (2013), a abordagem de conceitos é fortemente influenciada pelas imagens que acompanham as palavras. O uso de imagens fotográficas oportuniza a visualização, que na ausência de atividades experimentais, geralmente, ocorre por meio das ilustrações apresentadas no livro didático, como por exemplo a imagem fotográfica na Figura 29.

A fotografia, Figura 29, representa um *Processo Conceitual Analítico*, pois tem o objetivo de identificar o *Participante Representado* (combustão do ferro), detalhando suas partes (em diferentes concentrações de oxigênio), numa relação parte-todo (estudo da concentração como fator que influencia na velocidade de uma reação).

Figura 29: Fotografia caracterizando Processo Conceitual Analítico.

3. Uma faísca elétrica ou uma brasa podem fazer uma reação acontecer rapidamente. Explique que papel elas têm.

4. Nos hospitais, é frequente a presença do gás que alimenta as combustões, o O_2 , armazenado em balões, para uso médico. Qual é sua utilidade?

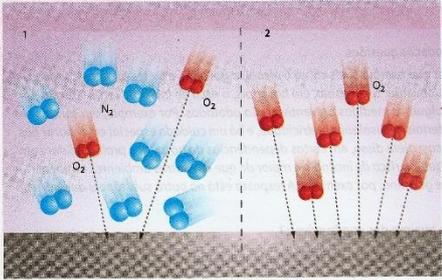
5. Considere um local em que uma pessoa com dificuldades respiratórias recebe gás oxigênio de um balão. Por que nesse local há maior risco de ocorrerem reações de combustão mais violentas do que em outro local? Em relação ao comburente, que diferença explica a maior velocidade de combustão no hospital?

Observe agora as fotos da reação de combustão do ferro feita em diferentes concentrações de oxigênio, $O_2(g)$.



No ar atmosférico, a velocidade da combustão da palha de aço é menor do que no recipiente em que há atmosfera rica em O_2 , pois a concentração do O_2 na atmosfera normal é menor.

Vamos analisar o fator concentração à luz da teoria das colisões.



1. Quantidade de colisões das moléculas de oxigênio com uma superfície quando esse gás está misturado aos demais componentes do ar. 2. Quantidade de colisões dessas moléculas quando há apenas a substância oxigênio (quando ele está presente como substância praticamente pura). Na imagem 1, o ar está representado apenas por seus componentes principais – nitrogênio e oxigênio – para facilitar a compreensão.

138 **Unidade 3** Princípios da reatividade

Fonte: NOVAIS; ANTUNES, 2016, p.138.

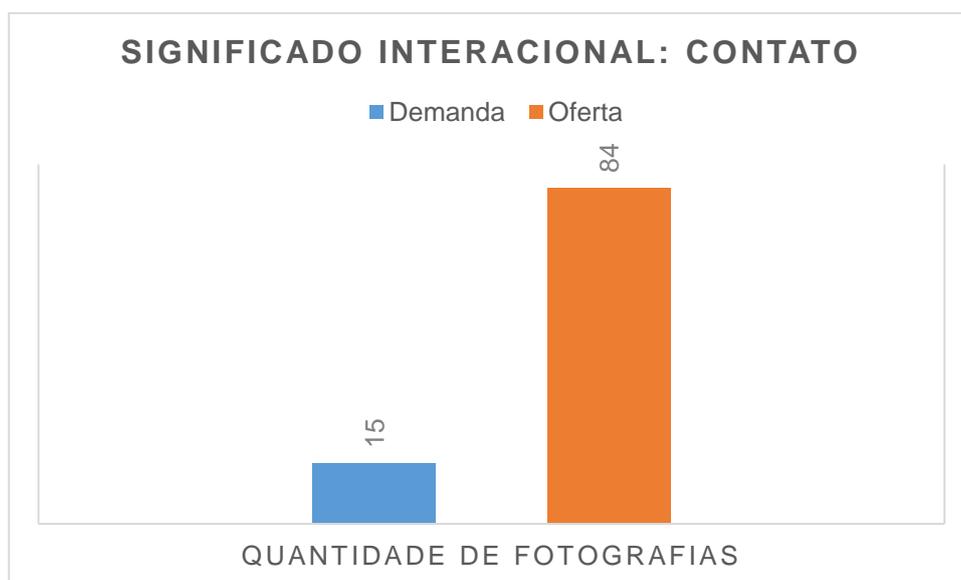
Assim, caracteriza-se como uma imagem produzida diretamente para o leitor, permitindo interação entre este - leitor, *Participante Interativo* - e o *Participante Representado*, possibilitando que os *Atributos Possuídos* pelo *Portador* (palha de aço queimando em atmosfera normal e palha de aço queimando em atmosfera rica em oxigênio) sejam observados pelo leitor/observador. Em seguida, o autor do livro L5 aborda a discussão iniciada pela imagem fotográfica, analisando o fator concentração com base na teoria das colisões, que representa as entidades química em nível submicroscópico.

Jhonstone (1993; 2000) propõe a existência de três níveis diferentes de representação do conhecimento químico: macroscópico, submicroscópico e simbólico. Nesse sentido, Gibin e Ferreira (2013) ressaltam a importância de se estabelecer a relação entre os níveis macroscópico e submicroscópico.

Na educação química, o uso de fotografias para fazer-se revelar as entidades químicas é um caminho para se estabelecer essa relação. Fazer revelar o oculto da fotografia, as informações implícitas, é uma oportunidade de estabelecer relação com a linguagem simbólica da química. Nesse sentido, faz-se oportuno que as imagens fotográficas, nos livros didáticos, estabeleçam interação com o leitor, conduzindo-o a visualizar/relacionar o conhecimento químico na fotografia.

Sem uma interação entre quem vê e o que é mostrado, a imagem é denominada *Oferta* por Kress e van Leeuwen (2006), como item de contemplação. Esse tipo de interação predomina nas imagens fotográficas analisadas dos livros didáticos deste estudo. Na Figura 30 podemos observar a ocorrência dos *Significados Interacionais de Contato* que tem como intuito estabelecer o tipo de interação entre *Participante Interativo* e *Participante Representado*.

Figura 30: Representação gráfica de dados, Significado Interacional subcategoria contato.



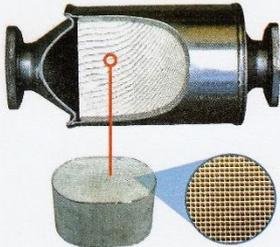
Fonte: Livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2018.

Assim, constatamos que 84 (oitenta e quatro) das imagens fotográficas analisadas foram do tipo *Oferta*. Neste tipo de interação entre *Participante Interativo* e *Participante Representado* subentende-se a fotografia como contribuição para visualidade do conteúdo retratado, como “subsídio de alguma informação” (LOVATO, 2010, 125).

Na Figura 31, apresentamos um exemplo de imagem fotográfica de *Contato* que estabelece a interação por *Oferta*. A fotografia representa a aplicação industrial de catalisadores enzimáticos na produção de iogurtes.

Figura 31: Imagem fotográfica que estabelece a interação por Oferta.

▼ O catalisador automotivo contém uma colmeia impregnada com metais específicos. Para veículos à gasolina, utiliza-se uma mistura de **paládio** e **ródio**, enquanto para veículos a álcool se utiliza uma mistura de paládio e molibdênio.



▲ Para decompor os gases poluentes com eficiência, é necessário aumentar a superfície de contato dos **catalisadores**, o que é obtido por estruturas semelhantes a colmeias.

catalíticos são recipientes metálicos com revestimento interno à base de cerâmica, com finos orifícios, instalados nas descargas dos automóveis, ou seja, nos escapamentos. Essa estrutura cerâmica serve de suporte para uma mistura de metais na forma de um pó fino. Na realidade, são esses metais que funcionam como catalisadores. Esses catalisadores aumentam a rapidez de uma série de reações, que converterão gases poluentes em outros gases menos nocivos.

Os gases poluentes são gerados na queima dos combustíveis. Como exemplos de gases tóxicos, temos o monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂) e fragmentos de hidrocarbonetos, que não queimaram completamente. Na combustão dos combustíveis, há, ainda, a produção de outros gases menos tóxicos ou não tóxicos – dióxido de carbono (CO₂), água (H₂O), ácido sulfídrico (H₂S), oxigênio (O₂) e nitrogênio (N₂).

Os conversores catalíticos aceleram as reações de transformação desses gases em outros menos poluentes, como ilustram as equações abaixo:

$$2\text{CO(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{CO}_2\text{(g)}$$

$$2\text{NO(g)} + 2\text{CO(g)} \rightarrow \text{N}_2\text{(g)} + 2\text{CO}_2\text{(g)}$$

$$\text{C}_7\text{H}_{16}\text{(g)} + 11\text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 7\text{CO}_2\text{(g)} + 8\text{H}_2\text{O(g)}$$

Essas reações são aceleradas nos conversores pela ação dos metais que as catalisam. A estrutura dos catalisadores, em forma de colmeia, aumenta a superfície de contato, produzindo uma área de aproximadamente dois a três campos de futebol.

Um exemplo de utilização industrial de catalisadores está na produção do oxigênio (O₂) a partir do clorato de potássio (KClO₃), utilizando como catalisador o dióxido de manganês (MnO₂).

$$2\text{KClO}_3\text{(s)} \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{KCl(s)} + 3\text{O}_2\text{(g)}$$

Em condições normais de temperatura e pressão, essa reação é muito lenta. Quando realizada a altas temperaturas e na presença de dióxido de manganês, ocorre rapidamente, tornando-se mais adequada a processos industriais.

Entre os catalisadores naturais estão os zeólitos, catalisadores à base de aluminossilicato, usados em processos de tratamento de água, separação de gases, craqueamento de petróleo etc. Esses materiais também têm sido usados para produzir gasolina a partir de álcool, por possibilitar que moléculas de álcoois formem hidrocarbonetos com um número de átomos de carbono desejado.

Uma vantagem desse tipo de catalisador é que suas estruturas tridimensionais contêm canais de tamanhos seletivos, que permitem interromper as reações quando a cadeia carbônica da substância em produção atinge o número de átomos desejado.

Um exemplo dessa propriedade é a utilização de alguns catalisadores, na conversão de metanol em hidrocarbonetos de aproximadamente oito átomos de carbono, ou seja, gasolina. A vantagem da conversão de álcool em gasolina está no fato de que o poder energético (entalpia de combustão) da gasolina é maior que o do álcool. Isso ocorre porque o álcool é um hidrocarboneto parcialmente oxidado.

Outra aplicação dos catalisadores está no processo de transesterificação para obtenção de biodiesel. Vários investimentos têm sido feitos para desenvolvimento de novos catalisadores para essas reações.



▲ Para produzir **iogurtes**, adicionam-se, ao leite, bactérias que contêm enzimas que aceleram as reações com o açúcar e as proteínas lácteas.

Fonte: SANTOS; MOL, 2016, p. 164.

Na Figura 32 observa-se outro exemplo de imagem fotográfica de *Contato* que estabelece a interação por *Oferta*, o participante interativo apenas se sente observando a cena, e não fazendo parte dela. A fotografia das frutas escurecidas

representa as reações que interessam ser retardadas pela indústria de alimentos, reação química conhecida como escurecimento enzimático, iniciada pela presença da enzima polifenol oxidase (PFO) e oxigênio molecular, formando uma substância orgânica denominada quinona.

Figura 32: Imagem fotográfica que estabelece a interação por Oferta.

O produto formado é bastante estável, insensível a fricção, agitação ou impacto e ainda de fácil armazenamento, o que facilita seu uso, ao contrário da nitroglicerina, por exemplo.

O poder explosivo do TNT deriva do fato de que sua reação de explosão – veja a seguir – produz grandes quantidades de moléculas gasosas. Uma molécula de TNT produz dez moléculas de gases, segundo a equação:

$$\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_2\text{O}_6(\text{s}) \rightarrow 6 \text{CO}(\text{g}) + \frac{5}{2} \text{H}_2(\text{g}) + \frac{3}{2} \text{N}_2(\text{g}) + \text{Cl}(\text{s})$$

A grande e rápida expansão de volume causada por essa reação desencadeia a explosão.

REAÇÃO LENTA: A FORMAÇÃO DE FERRUGEM

A formação de ferrugem é uma reação química na maioria das vezes indesejável. E mesmo que ocorra lentamente, quando a intenção é a manutenção de peças metálicas, o ideal é retardá-la ainda mais ou impedir sua ocorrência.

No entanto, há casos em que a ferrugem é usada propositalmente, como em trabalhos artísticos, peças decorativas ou projetos arquitetônicos. A figura ao lado mostra um edifício em Londres, na Inglaterra, cuja fachada é feita de ferro enferrujado, com o objetivo de dar uma cor castanho-clara característica da ferrugem.

A ferrugem é resultado de uma reação do ferro com o oxigênio que ocorre na presença de água. Ela pode ser representada pela seguinte equação:

$$2 \text{Fe}(\text{s}) + \frac{3}{2} \text{O}_2(\text{g}) + n \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}(\text{s})$$

Para evitá-la, o modo mais simples é não deixar os reagentes em contato. Como é praticamente impossível impedir o contato do oxigênio do ar ou da água das chuvas com as grades de ferro, por exemplo, a melhor solução acaba sendo pintá-las, para que a estrutura de ferro não tenha contato com o oxigênio e a água. As tintas ainda são, portanto, a melhor solução contra a ferrugem para o caso de grades e portões de ferro. Uma outra solução é o chamado **eletrodo de sacrifício**, usado para preservar peças de ferro ou de outros metais que estão em contato constante com a água do mar. Nesse caso, usa-se um material que se oxida mais facilmente do que o ferro e que, dessa forma, vai se oxidar no lugar dele. Trabalharemos esse assunto no capítulo 5 deste volume.

REAÇÕES QUE INTERESSAM SER RETARDADAS: ESCURECIMENTO DE FRUTAS

Um dos problemas para a indústria de alimentos é a reação de escurecimento em frutas, responsável por cerca de 50% da perda de frutas tropicais no mundo. Esse escurecimento é provocado por uma reação química iniciada pela presença de uma enzima chamada **polifenol oxidase (PFO)** e oxigênio molecular, o que leva à formação de uma substância orgânica denominada **quinona**. A reação química é conhecida como escurecimento enzimático e é uma reação oxidativa, pois ocorre na presença de oxigênio. Retardar essa degradação é importante para evitar o aparecimento de sabor desagradável e também pela toxicidade do produto formado. Trata-se, portanto, de uma questão de economia para a indústria alimentícia.

Para que essa reação de escurecimento enzimático ocorra, é preciso que estejam presentes a enzima, o substrato e o oxigênio. A velocidade de reação diminui se uma dessas substâncias não estiver presente.

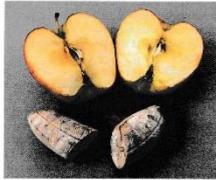


Figura 3.8
As frutas escurecem com o tempo em virtude da reação iniciada pela enzima PFO.

Substâncias ácidas podem ser utilizadas, pois causam a diminuição do pH dos tecidos vegetais, provocando uma diminuição da velocidade da reação de escurecimento. Isso ocorre porque as enzimas possuem o que chamamos de **pH ótimo de atuação**. Ou seja, nesse pH a enzima atuará na reação química de uma forma bem eficiente. Em outros valores de pH, mais ácidos ou mais básicos, a atuação da enzima será menor e, assim, a velocidade da reação química será menor. O pH ótimo de atuação da PFO está entre 6 e 7, e abaixo de 3 não há nenhuma atividade enzimática. Em geral os ácidos utilizados para a prevenção do escurecimento são o ácido ascórbico – também conhecido como vitamina C – e o ácido cítrico. Essas substâncias funcionam como **inibidores** dessa reação química, pois **diminuem a velocidade com que ela ocorre**.

REAÇÕES QUE INTERESSAM SER ACCELERADAS: A OBTENÇÃO INDUSTRIAL DE PRODUTOS QUÍMICOS

Aumentar a velocidade das reações em escala industrial de um grande número de produtos químicos é uma das aplicações básicas da Química, pois a indústria é uma atividade econômica em que o tempo é um dos componentes essenciais. Em geral, mais de 80% dos produtos químicos são obtidos utilizando-se catalisadores, alguns dos quais são componentes bastante caros do processo industrial. A palavra **catalisador** se tornou de uso geral e tem, nesse caso, o sentido de facilitador de um processo, o que nos dá uma boa ideia do seu sentido químico: é uma substância que atua nas reações químicas proporcionando um aumento na sua velocidade. No texto “Catalisadores e a diminuição da cascata de oxônio”, na página 137, definiremos mais precisamente os catalisadores.

A importância dos catalisadores tem se tornando ainda maior com o advento da **Química verde** ou **Química sustentável**, que é definida como aquela resultante do processo de criação, desenvolvimento e aplicação de processos e produtos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias tóxicas.



Figura 3.9
A Química verde tem o propósito de reduzir o impacto ambiental dos processos industriais.

Fonte: MORTIMER; MACHADO, 2016, p.126 e 127.

Quando se estabelece interação entre quem vê e o que é mostrado, a imagem é denominada *Demanda* por Kress e van Leeuwen (2006). A Figura 33 apresenta uma imagem fotográfica em que ocorre a interação entre o *Participante Representado* e *Participante Interativo* (espectador).

Essa interação, no entanto, é estabelecida pela legenda da fotografia por meio do questionamento e da ideia de continuidade ao estudo:

Você já observou que, quando cortamos uma pera, a parte da polpa que fica em contato com o ar escurece rapidamente? O mesmo ocorre com outras frutas, como a maçã e a banana, e também com a batata, a cana-de-açúcar, etc. Isso acontece porque, com o corte, algumas células são rompidas, liberando substâncias que reagem com o oxigênio do ar. Essas substâncias formam um composto colorido que altera a aparência e o gosto desses alimentos.

Existem formas de desacelerar esse processo, **como estudaremos adiante.** (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p.122, grifo nosso).

Figura 33: Imagem fotográfica que estabelece a interação por Demanda.



capítulo
6 Cinética Química

Você já observou que, quando cortamos uma pera, a parte da polpa que fica em contato com o ar escurece rapidamente? O mesmo ocorre com outras frutas, como a maçã e a banana, e também com a batata, a cana-de-açúcar, etc. Isso acontece porque, com o corte, algumas células são rompidas, liberando substâncias que reagem com o oxigênio do ar. Essas substâncias formam um composto colorido que altera a aparência e o gosto desses alimentos. Existem formas de desacelerar esse processo, como estudaremos adiante.

Este capítulo irá ajudá-lo a compreender:

- a taxa (velocidade) de reação;
- a teoria das colisões;
- o que é energia de ativação;
- os recursos que alteram o tempo gasto para a obtenção dos produtos de uma reação;
- a aplicação dos conceitos da Cinética Química no cotidiano: conservação de medicamentos e alimentos, enzimas, implosões, catalises automotivas, entre outras.

Para situá-lo

Convivemos com transformações químicas desde a infância, elas são parte de nosso cotidiano. Mas existe uma reação em especial que costuma fascinar crianças e adultos: são as propiciadas por queimas de fogos de artifício, comuns em festas de final de ano, em festas juninas, na abertura de eventos esportivos e comemorativos.

Nessas ocasiões, para apreciar a beleza de um foguete subindo aos céus ou de uma chuva de prata – tipos comuns de fogos de artifício –, temos de nos manter bem atentos e sabemos a razão: trata-se de um espetáculo rápido, que acaba em pouco tempo. (Vale lembrar que a queima de fogos envolve pequenas explosões que liberam bastante calor e de forma violenta, o que sempre demanda cuidados, tanto de quem manuseia o material quanto dos espectadores, que devem manter-se a uma distância segura dos fogos.)

Já quem se dispusesse a aguardar que a cor de ferrugem aparecesse em uma palhinha de aço exposta ao ambiente não precisaria se manter tão alerta. Nesse caso, além de o processo não causar o mesmo impacto, o tempo necessário para

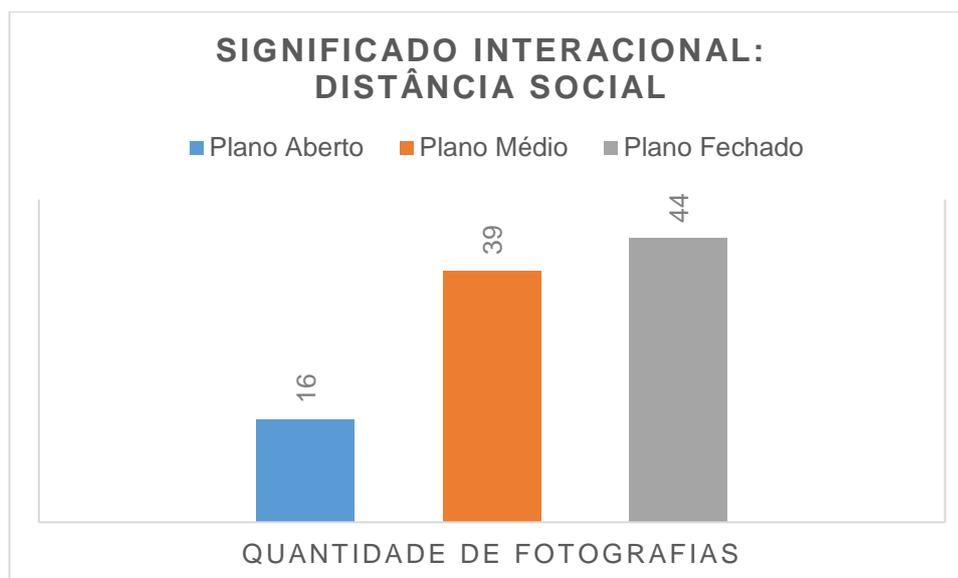
122 **Unidade 3** Princípios da reatividade

Fonte: NOVAIS; ANTUNES, 2016, p.122.

Outra interação estabelecida entre o *Participante Representado* e o *Participante Interativo* é a *Distância Social*. Esta determina o grau de envolvimento

entre esses participantes, que varia entre plano fechado, plano médio e plano aberto. A Figura 34 demonstra a distribuição de ocorrência desses três planos. No entanto, predomina o *plano fechado*, indicativo de que o foco recai sobre o *Participante Representado*.

Figura 34: Representação gráfica de dados, Significado Interacional subcategoria Distância Social.



Fonte: Livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2018.

Assim, constatamos que 44 (quarenta e quatro) das imagens fotográficas analisadas apresentaram *Plano Fechado*. Na Figura 35 exemplificamos a ocorrência dos *Planos Fechado, Médio e Aberto*.

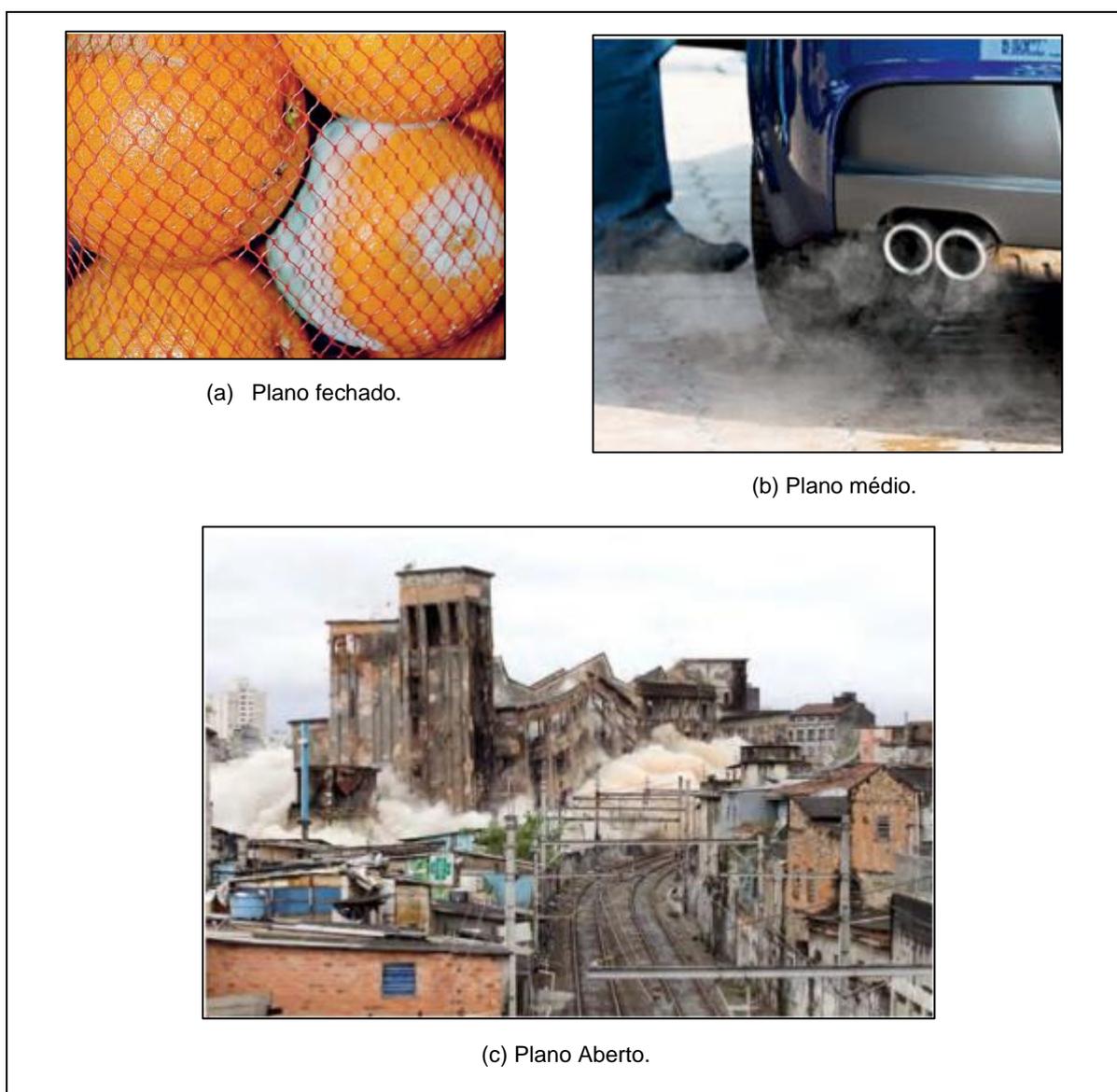
A fotografia da laranja em decomposição, Figura 35(a), faz referência à necessidade de controlar o tempo de uma transformação química, tornando-a mais rápida ou lenta. Podemos observar detalhes na fotografia como a textura e os furinhos das cascas das laranjas, que em outra distância não seria possível, caracterizando a ocorrência de *Plano Fechado*.

A fotografia da descarga de gases pelo automóvel, Figura 35(b) caracteriza a ocorrência de *Plano Médio*, pois é possível identificar além da descarga do automóvel em primeiro plano, a presença de alguém em segundo plano.

A fotografia da implosão de prédio abandonado, Figura 35(c) ilustra a ocorrência de *Plano Aberto*, observamos não apenas a implosão de prédio como também seu

contexto, localização. É possível identificar o trilho de trem e casas nas proximidades devido a distância que o fotógrafo toma em relação ao prédio.

Figura 35: Fotografias quanto à Distância Social: (a) Plano Fechado, (b) Plano Médio e (c) Plano Aberto.

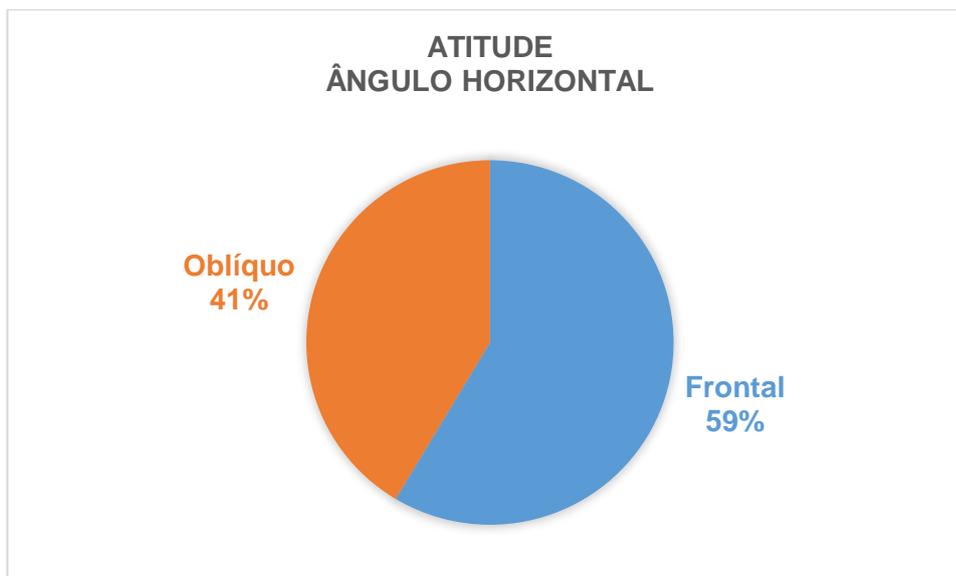


Fonte: (a) FONSECA, 2016, p. 150; (b) MORTIMER; MACHADO, 2017, p. 150; (c) NOVAIS; ANTUNES, 2016, p.125.

Outro tipo de interação entre *Participante Representado* e *Participante Interativo* é a *Atitude*, que toma como análise a perspectiva: *Ângulo Horizontal* e *Ângulo Vertical*.

A análise do *Ângulo Horizontal* também pode ser um argumento a favor do efeito de identificação que a imagem pode causar, predomina o *Ângulo Frontal*, com percentual de 59% de ocorrência (Figura 36).

Figura 36: Representação gráfica de dados, Função interativa subcategoria atitude.

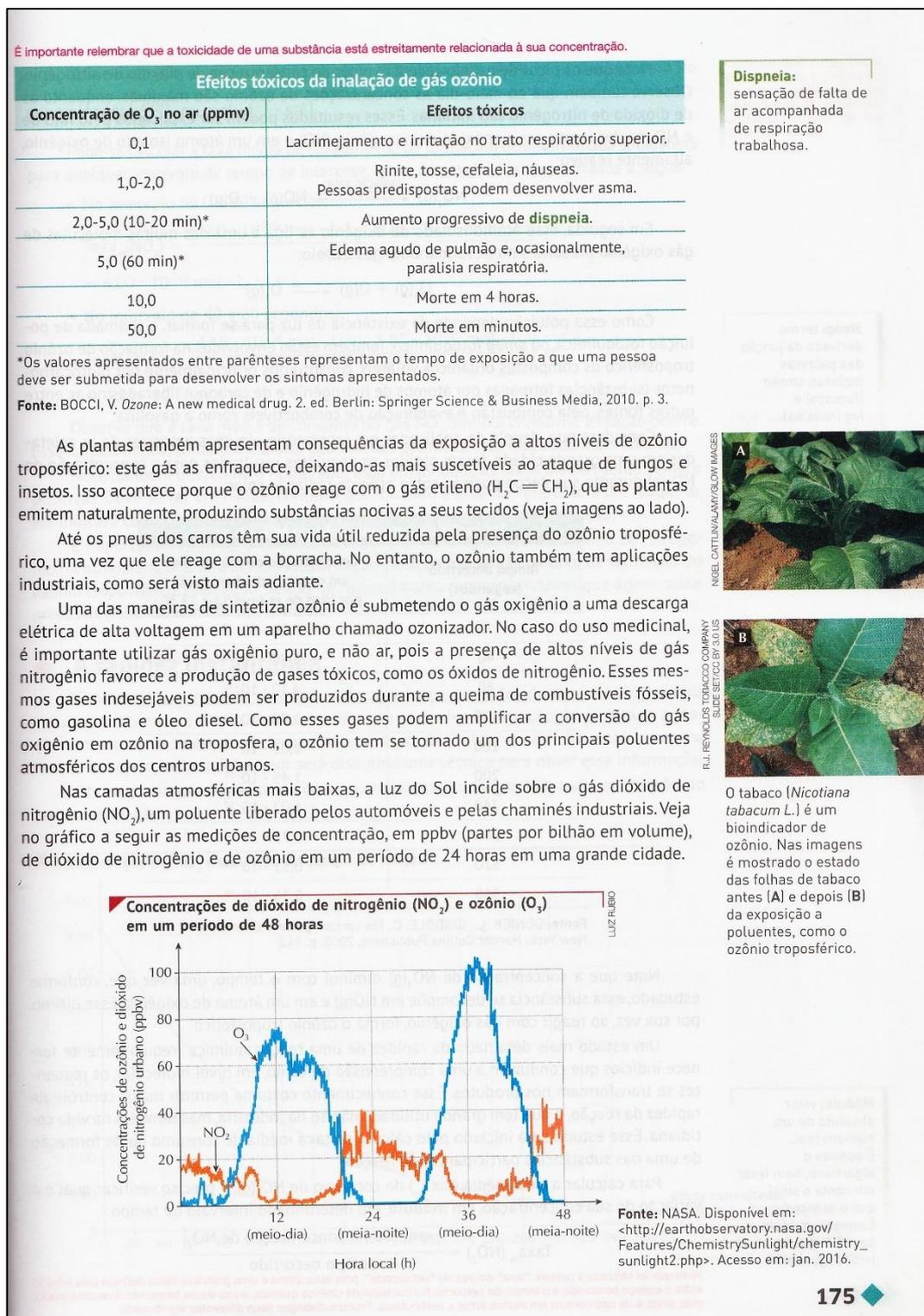


Fonte: Livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2018.

O emprego do *ângulo frontal*, transmite a ideia de familiaridade, pode ser entendido como uma atenção para observação e um convite ao leitor para adentrar no mundo da ciência química.

Em outra perspectiva, sob análise do *Ângulo Vertical*, é predominante nas fotografias, o *nível ocular* (83%), os *Participantes Representado e Interativo* estão na mesma linha de olhar, indicando igualdade de poder. Entretanto, verificamos ocorrências de *nível baixo* (10%) e *nível alto* (7%) em relação ao participante representado, mas que parecem ser apenas uma questão de localização física, lógica e natural do fotógrafo como indicador de observação, tal como representam as fotografias abaixo, Figuras 37 e 38.

Figura 37: Imagem fotográfica que estabelece a interação por Ângulo Vertical nível alto.



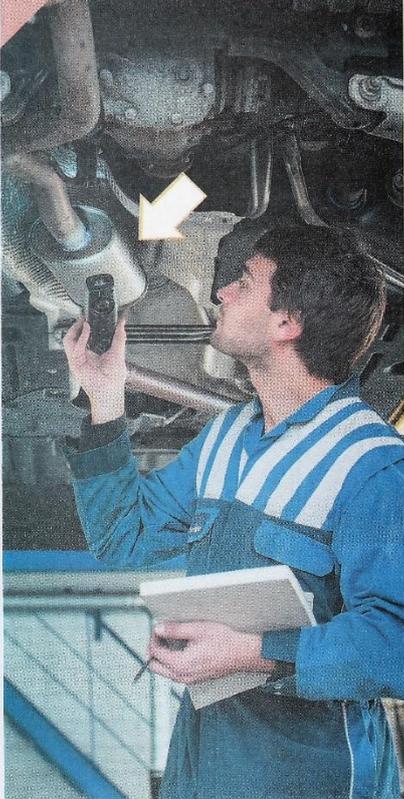
Fonte: CISCATO; PEREIRA; CHEMELLO; PROTTI, 2016, p. 175.

Figura 38: Imagem fotográfica que estabelece a interação por Ângulo Vertical nível baixo.

TEMA

3

Catalisadores



GONNELOS VORSHUTTER/ISTOCK

No tema anterior, foram abordados os efeitos da concentração, da superfície de contato e da temperatura na rapidez das reações. Neste tema, será analisado um quarto fator que pode alterar a taxa de uma reação e que está muito presente na indústria química e nos seres vivos: os catalisadores.

◆ **Catalisadores e a rapidez de uma reação**

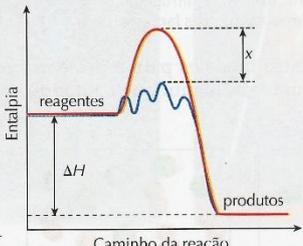
O catalisador é uma substância ou mistura capaz de acelerar uma reação química, participando em alguma fase dela, mas que ao final da reação é regenerado, isto é, não tem sua natureza química modificada. Assim, geralmente basta uma pequena quantidade do catalisador para aumentar de forma significativa a taxa de uma reação. No entanto, na prática, os catalisadores não apresentam utilização infinita.

Mas como age um catalisador? Resumidamente, pode-se dizer que o catalisador é capaz de diminuir a energia de ativação da reação por meio da modificação do mecanismo original dessa reação. Diminuindo essa energia, em razão de a reação ocorrer por meio de outro mecanismo, a reação fica mais rápida, pois mais partículas reagentes terão a energia necessária para que suas colisões sejam efetivas.

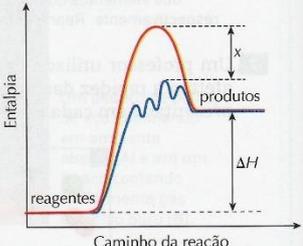
A ação do catalisador dá-se sobre a rapidez da reação, mas não sobre o rendimento dela nem sobre a quantidade de energia liberada ou absorvida. As quantidades de produto e de variação de entalpia de reações com e sem catalisador são sempre iguais. Para melhor compreender essas características dos catalisadores, observe os diagramas de energia esquemáticos de reações catalisadas e não catalisadas. Em termos de natureza química, os catalisadores são muito variados: metais, enzimas, ácidos e bases são alguns exemplos.

◆ **Diagramas de energia esquemáticos de reações com e sem catalisador**

Reação exotérmica



Reação endotérmica



Os catalisadores automotivos, localizados na parte inferior do veículo, entre o motor e o escapamento, são fundamentais para a diminuição de emissões de determinados poluentes atmosféricos.

Chame a atenção dos alunos para o fato de o catalisador, em alguns casos, acelerar as reações no sentido direto (reagentes → produtos) e no sentido inverso (reagentes ← produtos). Isso ocorre quando as reações são reversíveis, assunto que será tratado no Capítulo 5 deste volume. Mantenha-se aqui a notação reagentes (esquerda) e produtos (direita). Além disso, conforme estudado no Capítulo 2, a reação inversa de uma reação exotérmica é uma reação endotérmica, e vice-versa.

Note que, tanto em uma reação endotérmica como em uma exotérmica, a função do catalisador é acelerar a reação. Para isso, ele altera a energia de ativação da reação, o que pode ser percebido pela indicação de x , que corresponde à diferença entre as energias de ativação das reações catalisadas (curva azul) e não catalisadas (curva vermelha). A variação de entalpia (ΔH), porém, permanece a mesma em ambas as reações. Conforme visto no Capítulo 2, o ΔH não depende do mecanismo da reação, mas apenas dos estados inicial e final do processo. Em alguns casos, tanto a reação direta como a inversa são favorecidas pela ação do catalisador, ou seja, tanto no sentido direto como no sentido inverso a energia de ativação é menor com a presença do catalisador.

◆ 190

O uso de fotografias também está relacionado à *Modalidade*, subcategoria dos *Significados Interacionais* da Gramática do Design Visual. Segundo Kress e van Leeuwen (2006, p.155), a *Modalidade* é interpessoal, visto que diz respeito ao compartilhamento de verdades entre os participantes da interação e depende do que é considerado real para o grupo social para o qual a imagem está direcionada. De acordo com Lovato (2010, p. 125): “quanto maior a equivalência entre o que é mostrado na imagem e o que é considerado real e confiável pelo leitor, mais alta é a *Modalidade*”. As fotografias que constituem os livros didáticos analisados correspondem a essa equivalência, apresentando em relação à *Modalidade* um aspecto mais *Naturalista*, contribuindo para diminuir a distância entre o conteúdo científico e o estudante, trazendo para os livros, fotografias que aproximem situações do dia a dia do estudante ao fenômeno científico, uma representação do nível macroscópico do conhecimento químico.

O terceiro significado da Gramática do Design Visual de Kress e van Leeuwen (2006), o *Significado Composicional*, combina estruturas visuais dos *Significados Representacionais e Interacionais*, resultando no todo significado. O sistema composicional integra em sua estrutura três significados básicos: a) *valor da informação*; b) *saliência*; e c) *enquadramento* (KRESS e van LEEUWEN, 2006).

Os elementos integrados resultantes dessa combinação criam sua hierarquia e equilíbrio em textos espacialmente integrados coerentes com seus modos específicos para significar seus sentidos.

Diante disto, por se tratar de significados mais descritivos e particular de cada imagem fotográfica, selecionamos algumas fotografias para uma breve análise dos sistemas funcionais como um todo integrado, verificando como ocorre a relação entre os três significados *Representacional, Interacional e Composicional*.

Integrando os três significados ora descritos, a fotografia abaixo, Figura 39, poderá ser abordada:

i) em termos representacionais como um processo conceitual simbólico, representando o significado do participante representado. O significado costuma ser representado verbalmente na forma de legenda: “*A Química Verde tem o propósito de reduzir o impacto ambiental dos processos industriais.*” (MORTIMER; MACHADO, 2016, p.127). O simbólico desta imagem permite que seu significado alcance sujeitos para além da área de conhecimento da química, pois atua como uma convenção universal - a Química Verde;

ii) sob a perspectiva interacional, a fotografia privilegia a relação do leitor em contato com os participantes representados de contato por demanda (a mão que se segura o frasco de vidro é um convite para onde direcionar olhar na fotografia), em um plano fechado (pouco contextualizado, com foco no participante representado), captado através de um ângulo frontal;

iii) e, com relação ao sistema composicional, a forma como esses elementos visuais são integrados para significar o todo: a posição *centro/margem* dos elementos realiza a significação em termos de informação essencial; a relação *topo/base* (ideal/real), situada no eixo vertical, expressa a situação idealizada: o advento da Química sustentável; os elementos mais salientes, a planta e o líquido contido no frasco, que saltam aos olhos através das cores, foco, ângulo e as linhas que conduzem olhar (iniciando do canto inferior direito, passando pela mão e chega no frasco) constituem um quadro conectado desses elementos.

Figura 39: Fotografia para análise integrada dos três significados Representacional, Interacional e Composicional.



Fonte: MORTIMER; MACHADO, 2016, p.127.

Na fotografia, Figura 40, a integração dos três significados poderá ser abordada:

Figura 40: Fotografia para análise integrada dos três significados Representacional, Interacional e Composicional.



Fonte: LISBOA et. al., 2016, p.74.

i) em termos representacionais como um processo conceitual analítico, o foco está no *Portador* e seus *Atributos*, o processo de envelhecimento e seus sinais, as rugas.

ii) sob a perspectiva interacional, a fotografia não privilegia a relação do leitor em contato com os participantes representados, a relação é de oferta (contemplação), em um plano fechado (pouco contextualizado), captado através de um ângulo frontal, sem estabelecer relação poder com o participante interativo;

iii) e, com relação ao significado composicional: a posição dos elementos *esquerda/direita*, essa polaridade contém, respectivamente, a informação dada e nova. A mensagem *nova* é o envelhecimento da pele (um processo que envolve reações químicas). A posição *centro/margem* dos elementos realiza a significação em termos de informação essencial; os elementos mais salientes, a iluminação em torno

da face e o contraste da textura da pele, constituem um quadro desconectado desses elementos, devido ao recurso do enquadramento utilizado na estrutura visual no sentido de separar seus elementos composicionais, fortemente marcado pela presença da linha demarcatória no centro da imagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo baseou-se nas imagens fotográficas que constituem o ensino de Cinética Química em seis livros didáticos de Química para o Ensino Médio aprovados pelo PNLD 2018, sendo, portanto, limitado para um universo tão grande no que concerne aos estudos das imagens em contexto escolar.

Os resultados acenam que os livros didáticos valorizam o uso de imagens fotográficas. No total o corpus é formado por 99 fotografias, sendo 17 (17,34%) procedentes do livro didático L1, 11 (10,20%) do L2, 20 (20,40%) do L3, 9 (9,18%) do L4, 13 (13,26%) do L5 e 29 (29,59%) do L6.

A respeito da caracterização das imagens fotográficas quanto à *distribuição da na página*, 58 estão inseridas ao corpo do texto, 26 são periféricas e 15 ocupam posição de destaque. No que se refere à categoria *legenda*, 47 são explicativas, nominativa (41), problematizadora (9) e sem legenda (2). Quanto à *relação texto-imagem*, 77 das fotografias são indiretas, 20 diretas e 2 conectivas. No caso da *temática*, 39 representam o uso/aplicação de produtos/materiais químicos, seguida de 19 técnico-experimentais, 12 para fenômenos da natureza e para atividades cotidianas, 9 abordam o aspecto interdisciplinar, 4 retratam a história da ciência e 2 analogias.

Evidenciamos na análise com base na Gramática do Design Visual que os Significados Representacionais Conceituais (78%) foram os mais utilizados em detrimento dos Narrativos (21%). Estes últimos seriam mais indicados para comunicar eventos/situações/processos, no entanto, ambos são importantes para a construção de significados, de modo que, faz-se necessário avaliar quando utilizar cada um desses significados para cada conteúdo.

O tipo mais recorrente de imagem fotográfica é a Conceitual Analítica (52), seguida pela Conceitual Simbólica (25), Ação Transacional (18), Conceitual Classificatória (4), Ação Não-Transacional (01), Reação Transacional (01) e Reação Não-Transacional (01). Não tivemos ocorrência de imagens fotográficas que representassem os processos narrativos Mentais e Verbais, Conversão, Simbolismo Geométrico e Circunstâncias.

A respeito dos Significados Interacionais, foi evidenciado a escolha por imagens que apresentam relação de Contato por Oferta (84) entre os participantes representado e interativo; quanto a Distância social, que o participante interativo toma

em relação ao participante representado, foi valorizado o plano fechado (44), seguido pelo Plano Médio (39) e Plano Aberto (16). Em relação à Atitude, que toma como análise a perspectiva: *Ângulo Horizontal* e *Ângulo Vertical*, evidenciamos o emprego das imagens fotográficas numa relação de aproximar *participante representado* e *interativo*, pela escolha dos *ângulo frontal*, sem estabelecer relação de poder, relacionada ao *Ângulo Vertical*, predominando o *nível ocular* com 83% de ocorrência, indicando que os participantes estão na mesma linha de olhar;

Os significados composicionais, empregados a partir dos efeitos de *valor da informação*, *enquadramento* e da *saliência*, apresentam uma análise mais descritiva do que classificatória. Diante disto, em nosso estudo, optamos por selecionar algumas das imagens fotográficas para que pudéssemos discutir esses efeitos. Assim, chamamos a atenção para o efeito da *saliência*, que se refere à importância hierárquica que um ou mais elementos adquirem na imagem fotográfica, fazendo com que chamem mais a atenção do observador, independentemente do espaço que ocupa na composição visual. A *saliência* pode se manifestar, por exemplo, do uso de cores mais intensas ou mais suaves, do tamanho maior ou menor de um elemento em relação a outros no visual, ao uso de contraste entre cores (preto e branco, azul e vermelho, por exemplo), nitidez, brilho, perspectiva, e elementos que se sobrepõem, salientando os que se sobrepõem em relação aos que são sobrepostos.

Desse modo, destacamos os significados propostos por Kress e van Leeuwen (2006) na Gramática do Design Visual como ferramenta para auxiliar no processo de leitura de imagens fotográficas evidenciando processos 'ocultos' nas fotografias, à face da supervalorização do conhecimento científico e das intensas intervenções tecnológicas no dia a dia de estudantes e professores.

O uso das imagens na educação químico apresenta limitações, pois compreendem o nível macroscópico do conhecimento, caracterizado pela percepção das evidências, que indicam a ocorrência dos fenômenos, um caminho para o contato com os aspectos microscópicos (atômico-molecular) desta ciência.

Traçar tal caminho pode ser um desafio. Logo, além de apresentar o desafio empregado pela linguagem química para a interpretação dos conceitos e fenômenos químicos, apresenta-se também um desafio na forma de abordar e integrar os níveis do conhecimento químico, macroscópico, atômico-molecular e simbólico (JHONSTONE, 1993; 2000).

As imagens fotográficas podem contribuir no desenvolvimento de abordagens pedagógicas por podermos atribuir significados a partir de sua leitura. Na ausência de atividades experimentais, por exemplo, as imagens fotográficas se tornam um recurso visual de evocação, problematização e contextualização para elaboração dos conceitos científicos, todavia, são necessárias técnicas e orientações para sua utilização no contexto educacional, devido ao seu papel cultural.

Santos *et. al* (2014) apontam que mesmo os recursos visuais representados nos livros podendo auxiliar a compreensão dos conteúdos em sala de aula, mas estes não estão sendo aproveitados da melhor forma, posto que os professores não foram preparados para lidar de maneira crítica com as imagens ou porque as imagens não contextualizam, de fato, o que se pretende problematizar. Dessa maneira, surge a necessidade de selecionar imagens que estejam correlacionadas aos objetivos da aula.

Contudo, a abordagem das imagens fotográficas presentes nos LD de química poderia ser um exercício da imaginação com o intuito de contribuir para a construção do conhecimento. Levar o aluno a pensar a imagem fotográfica, narrando/descrevendo o que está ali representado, um recorte dado ao *continuum* do tempo e do espaço. Essa abordagem poderia ser provocada pelo professor em sala de aula utilizando as imagens fotográficas dos livros didáticos ou pré-selecionadas pelo professor ou pelos alunos. Embora possa existir entraves quanto ao uso da imaginação nas ciências exatas, de acordo com Egan (2007, p.16): “Imaginação não é o oposto de racionalidade, mas é o que pode dar vida, energia e rico significado ao pensamento racional”.

Nesse sentido, Pietrocola (2010, p. 129) também defende o exercício da imaginação pelas Ciências Naturais:

A ciência na escola deveria ser momento privilegiado de exercitar a imaginação e com isso ser fonte de prazer permanente. [...] Os alunos não conseguem conceber os conteúdos científicos para além das palavras e símbolos utilizados. Os significados vinculam-se apenas ao caráter superficial dos conceitos e fórmulas.

E mais:

A escola se imbuí da missão de transmitir às novas gerações valores, atitudes, conhecimentos e demais elementos da cultura. Nessa tarefa,

muitas vezes relega a criatividade, atribuindo ao lúdico unicamente a capacidade de entreter. Em geral, separam-se as atividades de raciocínio daquelas imaginativas, como se tratassem de áreas desconexas do pensamento. Por um duplo preconceito, não atribuem ao raciocínio a possibilidade de criar, nem à imaginação de organizar e moldar representações sobre o mundo. (PIETROCOLA, 2010, p.130)

Diante de tudo, é possível concluir que o processo de leitura da imagem fotográfica, requer o conhecimento de sua linguagem e conhecimento científico. Segundo Pralon (2012, p. 169): “Quanto mais conhecimento sobre o tema e as condições de produção de uma imagem, maior a possibilidade de estabelecimento de leituras mais variadas e de níveis mais profundos”. A autora ainda destaca que as imagens fotográficas não são transparentes, “não falam ‘a verdade’ sobre o mundo, mas ‘uma verdade’ sobre o mundo”, aí reside seu papel cultural, que necessita de uma intervenção para uma leitura crítica dessas imagens, possibilitando escolhas mais conscientes (PRALON, 2012, p. 170).

Este estudo permitiu, no entanto, uma análise e possibilitou uma observação quanto à necessidade de potencializar o uso/leitura das imagens fotográficas como recurso para a compreensão do conhecimento químico, pois, as imagens fotográficas já estão presentes nas salas de aulas, o que se precisa pensar são as estratégias didáticas que orientam seu efetivo uso. Dessa forma, se faz necessário preparar adequadamente os professores (em formação e formados) para compreenderem as imagens fotográficas dentro do contexto de ensino, como um texto não verbal organizado com uma gramática, que necessita de uma leitura criteriosa.

Assim, para viabilizar, em sala de aula, a elaboração de conceitos científicos a partir das imagens fotográficas, pressupõe-se que o professor já tenha adquirido habilidades para avaliar/selecionar imagens, pensando em seu uso pedagógico.

PRODUTO EDUCACIONAL

Devido à posição que as imagens têm ocupado nas atividades pedagógicas em sala de aula, apontadas por diversos pesquisadores da Educação, a deficiência na formação de professores que não estabelece os alicerces para uma leitura da imagem, como um possível caminho para uso pedagógico, a complexidade em ler/interpretar/significar as imagens, surge a proposta de elaborar um guia de orientações para a leitura de imagens fotográficas.

A finalidade do guia de orientações é oferecer um suporte, destinado aos professores, para a leitura e seleção de imagens fotográficas, compondo o planejamento de estratégias envolvendo linguagem fotográfica em sala de aula. Selecionar uma imagem para compor uma atividade no contexto educacional impõe sua leitura, que necessita de uma intencionalidade, uma intencionalidade pedagógica em se utilizar a imagem. É preciso ter em mente o objetivo a ser atingido por meio do recurso imagético. Os questionamentos para a seleção e planejamento do uso da imagem na prática pedagógica devem ser norteados por: O que quero/posso ensinar a partir da imagem? Por que ensinar? Como ensinar? O que meus alunos podem aprender com ela? Estas considerações iniciais permitem que o professor organize a construção racional do conhecimento científico em sala de aula.

Assim como o ato de fotografar é uma seleção de enquadramentos, pontos de vista, perspectivas, ângulos por seu agente, na leitura da imagem é preciso estar atento a esses elementos, pois estes constituem o sistema comunicativo da imagem.

Nessa perspectiva, a presente proposta configura-se num contexto interdisciplinar, da forma que, articula-se os conhecimentos da linguagem fotográfica, da Gramática do Design Visual de Kress e van Leeuwen (2006) e educação química. A partir das particularidades de cada área do conhecimento que nosso produto se constitui em um todo, estruturado em três eixos de análise da imagem:

- Identificação da imagem fotográfica
- Recepção: abordagens para o ensino de química
- Produto: elementos da linguagem fotográfica

A partir desses três eixos, foram organizadas duas fichas de análise com intuito de decompor possibilidades da mensagem fotográfica.

Ficha de identificação fotográfica

Autor	
Espaço e tempo retratado	
Assunto	
Distribuição fotográfica	

Ficha da expressão fotográfica

Análise e interpretação do conhecimento químico	
Conteúdo	
Temática	
Pessoas/objetos retratados	
Dimensão macroscópica do conhecimento químico	
Dimensão submicroscópica do conhecimento químico	
Dimensão simbólica do conhecimento químico	
Problematização	
Representação: Narrativa ou Conceitual	
Contato/olhar (oferta/demanda)	
Elaboração da linguagem e gramática visual da fotografia	
Qualidades visíveis: Forma (volume e solidez de um objeto); Textura (superfície dos objetos); Padrão visual; Cores e valores tonais; Movimento	
Enquadramento I: sentido da foto (horizontal, vertical, quadrado)	
Enquadramento II: distribuição de planos (plano geral, plano médio, primeiro plano)	
Enquadramento III: linhas	
Enquadramento IV: ênfase	
Nitidez: foco	
Atitude ou Perspectiva	
Composição e equilíbrio	
Modalidade (naturalista e sensorial)	

Cada um dos campos das duas fichas deverá ser preenchido pelos elementos presentes no espaço fotográfico, que compreende o recorte espacial processado pela fotografia, como se organiza, o controle exercido na sua composição, a quem está

vinculado – fotógrafo e a quem se destina – espectador. Considera-se os itens contidos no plano da expressão, que consubstanciam a expressão fotográfica.

Através da *Ficha de identificação fotográfica* busca-se detectar seus elementos constitutivos (fotógrafo, assunto), suas coordenadas de situação (espaço e tempo retratado) e a distribuição fotográfica (refere-se ao suporte que veicula a imagem fotográfica, por exemplo, livros, revistas, jornais, *sites* etc.), de forma a individualizar cada documento fotográfico, estabelecendo sua identidade e unicidade.

Na *Ficha da expressão fotográfica* compreende a análise e interpretação da fotografia como fonte de informações à área do conhecimento químico e recupera-se os elementos da linguagem fotográfica. Para cada item da expressão fotográfica são descritas as orientações para sua análise e interpretação, a saber:

- *Análise e interpretação do conhecimento químico:*

Conteúdo: correlaciona a composição do espaço fotográfico ao(s) conteúdo(s) do conhecimento químico. Qual(is) conteúdo(s) relativo(s) à química pode(m) ser abordado(s) a partir da fotografia? Qual(is) conteúdo(s) referente(s) às mais diferentes áreas do conhecimento pode(m) ser abordada(s)?

Temática: compreende a tematização (contextualização) da imagem fotográfica para ilustrar o conhecimento químico de diferentes conteúdos temáticos como, por exemplo, técnico-experimental (experimento, materiais de laboratório, equipamento etc.), fenômeno da natureza (reações/situações que ocorrem no dia a dia), uso/aplicação de produtos/materiais químicos (se caracterizam pela modificação/envolvimento do ser humano), história da ciência, interdisciplinar (relações com outras áreas do conhecimento), atividades cotidianas (relacionadas ao lazer ou atividades domésticas) e analogia.

Pessoas/objetos retratados: compreende à descrição do que está retratado no espaço fotográfico.

Dimensão macroscópica do conhecimento químico: refere-se à percepção visual observável e descritiva do fenômeno químico. O que vê na imagem? O que enfatiza ao observar a imagem?

Dimensão submicroscópica do conhecimento químico: refere-se à explicação do fenômeno químico por meio do arranjo e movimento de moléculas, átomos, íons, elétrons ou outras espécies subatômicas.

Dimensão simbólica do conhecimento químico: refere-se as representações simbólicas de átomos e moléculas, fórmulas, equações e estruturas que organizam/explicam o conteúdo da imagem.

Problematização: Qual(is) questionamento(s) surgem frente à imagem?

Representação: Narrativa ou Conceitual: compreende a relação que ocorre entre os elementos, objetos, participantes envolvidos dentro da imagem. Essa relação pode ser narrativa, quando os participantes são mostrados fazendo algo, passando a ideia de ação/movimento assinalados como pela presença de um *vetor*, um traço imaginário, que podem ser constituídos por linhas presentes na imagem ou pela direção de olhar. Há composições visuais que não expressam ações, representando os participantes de modo estático, são os processos conceituais, e procuram representar a essência da informação. No entanto, toda fotografia tem uma história/narrativa a ser contada, que consiste na explicação (organização do conteúdo).

Contato/olhar pode ser classificado como oferta ou demanda. Na oferta, o participante representado é mostrado ao observador/espectador da imagem como item de contemplação. Na demanda, o participante representado exige atenção de quem observa a imagem por meio do olhar.

- *Elaboração da linguagem fotográfica*

Conhecer as regras/técnicas/elementos para a elaboração de uma imagem fotográfica auxilia a percepção visual da mesma.

Qualidades visíveis, *forma, textura, padrão visual, movimento*, ajudam a pensar a imagem fotográfica. Pode-se definir *forma*, na fotografia, como um contorno que informa um significado de volume e solidez de um objeto. A forma é o grande tema visual da fotografia, podendo ser subdividido em várias partes, como corpo humano, paisagens, animais, objetos etc. A *textura* é uma qualidade visual que está relacionada à superfície dos objetos e nos revela as variações visuais particulares dos materiais, e se relaciona, geralmente, à memória do nosso sentido do tato, ideia de substância e densidade, nos permitindo julgamentos em relação a maciez, aspereza, rugosidade etc. O *padrão visual* de formas e texturas, seja repetitivo e formal ou irregular e incomum, seduz o olho humano. A percepção e o uso de padrões visuais, permite

trabalharmos com a ideia de ritmo visual que nos possibilita organizar, ou desorganizar, o aspecto formal da fotografia. *Cores e valores tonais* são a mais imediata evidência da visão, podem propiciar uma maior proximidade da realidade da realidade, limitando a imaginação do espectador, gerar um clima na fotografia (quente/frio, tenso/suave), destacar um objeto. O registro de um *movimento* do objeto fotografado pode dar maior realce quando sua ação é capturada. Em contraste, às vezes, a força maior da ação reside na sua estagnação, na visão estática.

Enquadramento I: o *sentido da foto* define-se em torno dos eixos vertical e horizontal, que estão relacionados à posição do visor da câmera na composição da foto. Na *horizontal*, o enquadramento retangular tende a dar mais espaço para o conteúdo, dando uma ideia de panorama e estabilidade. A linha do horizonte realça a distribuição lateral do espaço. O olhar do observador percorre a imagem no sentido horizontal, de lado a lado, e a foto transmite uma sensação geral de “espaço aberto”. Enquanto, na *vertical*, o enquadramento retangular tende a estreitar o conteúdo, ocasionando a sensação de falta de estabilidade e polarizando a parte de cima com a de baixo. Há ainda a possibilidade do *quadro quadrado*, ocasionando uma relação completamente diferente. Como o quadrado é uma figura geométrica simétrica, este é um formato de enquadramento que permite composições baseadas numa distribuição rígida e equilibrada dos objetos enquadrados, em relação a distância do centro e em relação a proporção dos lados.

Enquadramento II: distribuição de planos, quanto maior a colocação de planos dentro do enquadramento, mais informações são incluídas na fotografia. Os planos estão relacionados ao distanciamento da câmara em relação ao objeto fotografado, levando-se em conta a organização dos elementos internos do enquadramento. Os planos se dividem em três grupos principais: plano aberto, plano médio e plano fechado, do mais ampliado ao mais focado, o que sugere, comparativamente, desde o distanciamento até a proximidade do objeto fotografado, com o espectador.

Enquadramento III: linhas. A identificação de linhas fortes em uma composição permite o direcionamento do olhar para um tema principal, ou para criar sensação de movimento ou de calma e tranquilidade em uma paisagem.

As linhas paralelas bem espaçadas ou em forma de “L” produzem um efeito de tranquilidade e estabilidade. Os triângulos ou em “S” parecem “fluir” mais, como que obrigando a ver a imagem mais ativamente. As imagens com linhas alongadas, convergentes (formadas por perspectivas acentuadas, por exemplo), atraem

rapidamente a atenção dos olhos para o seu ponto de convergência. Uma massa de linhas curtas em ângulos diferentes, em todas as direções, contribui para sugerir excitação, confusão e caos.

Enquadramento IV: *ênfase*, consiste na tradicional regra dos terços. Essa regra posiciona uma grade imaginária sobre a área enquadrada, criando quatro interseções a partir do centro que tendem a ser localizações forte do quadro.

Nitidez: foco. A partir das habilidades técnicas, é possível controlar não somente a localização do foco, como também a quantidade de elementos que ficarão nítidos. Pode-se também trabalhar com a falta de foco, isto é, o desfoque. O foco permite enfatizar melhor um elemento na fotografia, selecionando-o como ponto de maior nitidez dentro do quadro em relação aos demais elementos. A escolha depende do autor da fotografia, mas a força da mensagem deve muito ao foco. É ele que irá ressaltar um certo objeto em detrimento dos outros constantes no enquadramento. A ausência de foco de todos os elementos que compõem a imagem pode servir para a suavização dos traços, o contrário acontece quando há total nitidez que demonstra a rudeza ou brutalidade da realidade.

Atitude ou perspectiva: refere-se ao ângulo que se subdivide, basicamente, em frontal, oblíquo e vertical. Ângulo frontal, quando o objeto fotografado está de frente para o espectador/leitor, sugerindo envolvimento. Ângulo oblíquo, quando o objeto fotografado está posicionado numa forma mais lateral, sugerindo distanciamento. O *ângulo vertical* pode sugerir relação de poder, grandeza, força, domínio instituída entre o objeto fotografado e o espectador, e subdivide-se, basicamente, em dois tipos: o *ângulo vertical alto* em que o objeto fotografado emite poder sobre o espectador, neste caso, a imagem é capturada de “baixo para cima”. Contudo, se o objeto fotografado tiver sua imagem retratada de “cima para baixo”, *ângulo vertical baixo*, o espectador é descrito como tendo mais poder que o objeto fotografado. Evidentemente estas colocações vão depender do contexto em que forem usadas.

Composição e equilíbrio: Composição é o arranjo visual dos elementos e o equilíbrio é produzido pela interação destes componentes visuais. A composição de uma fotografia implica o uso harmônico de linhas, formas, superfícies e tonalidades na imagem, sem a obrigação de representar o que os objetos são na realidade. Ao compor/selecionar uma fotografia é importante observar as relações entre o primeiro e segundo plano. A interferência prejudicial do fundo ocorre principalmente quando estes entram em conflito, desviando a atenção do que seria o assunto principal.

Modalidade: refere-se à equivalência entre a realidade e cena mostrada. A composição imagética pode apresentar orientação naturalística se houver maior equivalência entre a representação e a imagem vista a olho nu. Poderá provocar impactos sensoriais (emoções subjetivas) que vão além da realidade, nesse caso, temos uma orientação sensorial. E poderá ser tecnológica/científica se modifica – simplificando detalhes, por meio de esquemas - o que seria a imagem real para ser estudada em maior profundidade.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Tereza Cristina Cavalcanti de. **Uma imagem vale mais com mil palavras: estudo sobre a produção de textos multimodais para o ensino do conceito de respiração pulmonar**. 2018. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2018.
- ALMEIDA, R.M. de. Imagens do livro didático de geografia: representações do espaço geográfico. **Revista de Ensino de Geografia**, Uberlândia, v.4, n.6, p.82-99, jan./jun. 2013.
- ARAUJO, R.D. Gramática Visual: trazendo à visibilidade imagens do livro didático de LE. **SIGNUM: Estud. Ling.**, Londrina, n. 14/2, p. 61-84, dez. 2011.
- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios da química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- AUMONT, J. **A imagem**. Campinas, SP: Papirus, 1993.
- BELMIRO, C.A. A imagem e suas formas de visualidade nos livros didáticos de Português. **Educação & Sociedade**, ano XXI, n.72, agosto/2000.
- BRASIL. **Edital de convocação 04/2015 – CGPLI. Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas para o Programa Nacional do Livro Didático PNLD 2018**. Brasília, DF: MEC, 2015.
- BRASIL. **Lei 9.610, de 19 de fevereiro de 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, 20 fev. 1998.
- BRASIL. MEC. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Matriz de Referência para o Enem**. Brasília: MEC/Inep, 2012.
- BRASIL. **PNLD 2018: química – guia de livros didáticos – ensino médio**. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2017.
- CISCATO, C.A.M.; PEREIRA, L.F.; CHEMELO, E.; PROTI, P.B. **Química – Ciscato, Pereira, Chemello e Proti –**. 1.ed. São Paulo: Moderna, 2016. (Volume 2).
- COSTA, C. **Educação, imagem e mídias**. 2.ed. São Paulo: Cortez, 2013. (Coleção aprender e ensinar com textos; v. 12).
- COUTINHO, F.A. et al. Análise do valor didático de imagens presentes em livros de Biologia para o ensino médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v.10. n. 3, 2010.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências fundamentos e métodos**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

DIAS, Luciene da Silva. **A seção Ciência no Estado de Minas e na Folha de S. Paulo: Um estudo comparativo sob a ótica da Análise do Discurso da Divulgação Científica e da Gramática do Design Visual**. 2011. Dissertação (Mestrado em Letras) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

DUARTE JÚNIOR, J.-F. **Fundamentos estéticos da educação**. 2. ed. Campinas, SP: Papirus, 1988.

EGAN, Kieran. Por que a imaginação é importante na educação?. In: FRITZEN, C.; CABRAL, G.S. (orgs.). **Infância: imaginação e educação em debate**. Campinas, SP: Papirus, 2007.

FLUSSER, V. **Filosofia da caixa preta**. São Paulo: HUCITEC, 1985.

FONSECA, M.R.M. da. **Química: ensino médio**. 2.ed. São Paulo: Ática, 2016. (Volume 2).

GIBIN, G.B.; FERREIRA, L.H. Avaliação dos estudantes sobre o uso de imagens como recurso auxiliar no ensino de conceitos químicos. **Química Nova na Escola**. v. 35, n. 1, p. 19-26, fevereiro 2013.

GOUVÊA, G.; OLIVEIRA, C.I.C. Memória e representação: imagens nos livros didáticos de física. **Ciência & Cognição**, v.10, n.3, p. 69-83, 2010.

GOUVÊA, G.; PRALON, L.; OLIVEIRA, C.I.C.; MACHADO, M.A.D. Modos de ler imagens em contextos de formação inicial de professores. **Revista Educação e Cultura Contemporânea**, v. 13, n. 31, p. 135-159, 2016.

JOHNSTONE, A.H. Chemical education research: where from here?. **University Chemistry Education**, v.4, n.1, p.34-38, 2000.

JOHNSTONE, A.H. The development of chemistry teaching. **University Chemistry Education**, v.70, n.9, p.701-705, 1993.

JOLY, M. Introdução à Análise da Imagem. Lisboa: Edições 70, 2007.

KIILL, K. B. **Caracterização de imagens em livros didáticos e suas contribuições para o processo de significação do conceito de equilíbrio químico**. 2009. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2009.

KOSSOY, B. **Os tempos da fotografia: o efêmero e o perpetuo**. Cotia, SP: Ateliê Editorial, 2007.

KRESS, G.; VAN LEEUWEN, T. **Reading images: The grammar of visual design**. London: Routledge, 2006.

LIMA, C.A de.; SILVA, N.M.B. da. **Representações em imagens equivalentes**. Disponível em: <http://www.bocc.ubi.pt/pag/lima-claudia-imagens-equivalentes.pdf>.

Acesso em: 25 out. 2018.

LIMA, J. F.L. PINA, M.S.L. BARBOSA, R.M.N. JÓFILI, Z.M.S. A contextualização no ensino de cinética química. **Química Nova na Escola**, n. 11, maio, 2000.

LISBOA, J.C.F. et al. **Ser protagonista: química, 2º ano: ensino médio**. 3.ed. São Paulo: Edições SM, 2016.

LOVATO, C. dos S. Análise das imagens em notícias de popularização científica. **Travessias**, v.4, n.3, 2010.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; PICCININI, C.; BUENO, T.; LENTO, C.; PEDRO, T.; PAULO, N. Uma análise das imagens nos livros didáticos de ciências para o ensino fundamental. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 4. 2003, Bauru, SP. **Atas [...]**. Bauru – SP, 2003.

MATORANO, S.A. de A.; MARCONDES, M.E.R. As concepções de ciência dos livros didáticos de química, dirigidos ao ensino médio, no tratamento da cinética química no período de 1929 a 2004. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.14, n.3, p. 341-355, 2009.

MENDES, Jacqueline Ribeiro de Souza. **O papel instrumental das imagens na formação de conceitos científicos**. 2006. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2006.

MORTIMER, E.F.; MACHADO, A.H. **Química: ensino médio**. 3.ed. São Paulo: Scipione, 2016. (Volume 2).

MORTIMER, E.F. MIRANDA, L.C. Transformações: concepções de estudantes sobre reações químicas. **Química Nova na Escola**. n. 2, novembro 1995.

NOVAIS, V.L.D. de.; ANTUNES, M.T. **Vivá: química: volume 2: ensino médio**. Curitiba: Positivo, 2016.

PEDROSA, S.M.P. de A.; COSTA, A.V. de F. da. Fotografia e educação: possibilidades na produção de sentidos dos discursos visuais. **Nuances: estudos sobre educação**. Presidente Prudente-SP, v.28, n.1, p.78-94, jan./abril, 2017.

PERALES, F.J.; JIMÉNEZ, J. de D. Las ilustraciones em la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. **Enseñanza de las ciencias**, v.20, n. 3, p.369-386, 2002.

PEREIRA, A.G.; DUARTE, A.B.; TERRAZZAN, E.A. Multimodalidade em notícias de popularização científica para crianças: contribuições para o ensino de ciências. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7, 2009, Florianópolis-SC. **Anais [...]**. Florianópolis-SC, 2009.

PIETROCOLA, M. Curiosidade e imaginação - os caminhos do conhecimento nas

ciências, nas artes e no ensino. In: CARVALHO, A.M.P. de (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

PITOMBO, L.R. Cinética Química. Nuevos temas de química en la enseñanza secundaria. **UNESCO**, 1974, p. 31-78.

POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRALON, L. Imagem e produção de sentido: as fotografias no livro didático. In: MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; VILANOVA, R. **O livro didático de Ciências: contextos de exigência, critérios de seleção, práticas de leitura e uso em sala de aula**. Rio de Janeiro, 2012.

RAMOS, M. **Um breve ensaio sobre a fotografia e a leitura crítica do discurso fotográfico**. Disponível em: <http://www.studium.iar.unicamp.br/23/03.html>. Acesso em: 25 out. 2018.

RODRIGUES, R.C. Análise e tematização da imagem fotográfica. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 67-76, set./dez. 2007.

ROQUE, N.F; SILVA, J.L.P.B. A linguagem e o ensino da química orgânica. **Química Nova**, vol.31, n.4, p. 921-923, 2008.

SANA, T.C.V.; SOUZA, D.D.D. de.; ARROIO, A. O papel das imagens fotográficas no processo de construção do conhecimento em sala de aula de química. **Revista Debates em Ensino de Química**, v.2, n.1, 2016.

SANTAELLA, L. **Leitura de imagens**. São Paulo: Editora Melhoramentos, 2012. (Como eu ensino).

SANTAELLA, L. **O que é semiótica**. São Paulo: Brasiliense, 1990.

SANTAELLA, L.; NÖTH, W. **Imagem cognição, semiótica, mídia**. São Paulo: Iluminuras, 1998.

SANTOS, M.T. SOUZA FILHO, E.B. de. RIBEIRO, E.O.R.; FREITAS, N.M. da S. Cenas e cenários das questões socioambientais: mediações pela fotografia. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.16, n.1, p.49-65, jan./abr. 2014.

SANTOS, S. dos; SILVA, L. R. da. Linguagem visual e livro didático: contribuições para o desenvolvimento da leitura. **Interdisciplinar**. Ano VIII, v.19, n.02, jul./dez. 2013.

SANTOS, S.M. O.; MOL, G. S. Planilha para avaliação de livros didáticos de química para o ensino médio: um instrumento de auxílio ao professor. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6, 2007, Florianópolis – SC. **Anais [...]** 28 de nov./1º de dez. de 2007.

SANTOS, W.L.P. dos.; MOL, G.S. (coord.). **Química cidadã: volume 2: química:**

ensino médio, 2ª série. 3.ed. São Paulo: Editora AJS, 2016.

SANTOS, W. L. P. dos; PORTO, P. A. A pesquisa em Ensino de Química como área estratégica para o desenvolvimento da Química. **Química Nova**, v. 36, n. 10, p. 1570–1576, 2013.

SHIMODA, F. **Imagem fotográfica.** Campinas, SP: Editora Alínea, 2009.

SILVA, E. R. B. Imagens facilitam a compreensão da ciência. **Ciência e Cultura**, v. 61, n. 3, p. 64–65, 2009.

SILVA, G.S.; BRAIBANTE, M.E.F.; PAZINATO, M.S. Os recursos visuais utilizados na abordagem dos modelos atômicos: uma análise nos livros didáticos de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.13, n.2, 2013.

SILVA, H.C. da.; ZIMMERMANN, E.; CARNEIRO, M.H. da S.; GASTAL, M.L.; CASSIANO, W.S. Cautela ao usar imagens em aulas de ciências. **Ciência & Educação**, v.12, n.2, p.219-233, 2006.

SILVA, J.A.P. da.; DUCHEIKO, L.L.; MARTINS NETO, L.E. A leitura de imagens de Panosky como possibilidade de aproximação entre arte e ciência. **Enseñanza de las Ciencias**, Sevilla, Nº. Extraordinario, p. 4887-4893, 2017.

SILVA, J.A.P. da.; NEVES, M.C.D. Leitura de Imagem: reflexões e possibilidades teórico-práticas. **R. Labore Ens. Ci.**, Campo Grande, v.1, n.1, p.128-136, 2016.

SILVA, M.V.G.; HUSSEIN, F.R.G. e S. O uso de fotografias para avaliação da aprendizagem dos conceitos de fenômenos físicos e reações químicas. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 9, 2013, Águas de Lindóia, SP. **Atas [...]**, Águas de Lindóia, SP, 2013.

SILVEIRA, L.S. da; ALVES, J.V. O uso da fotografia na educação ambiental: tecendo considerações. **Pesquisa em Educação Ambiental**, v.3, n.2, p.125-146, 2008.

TEIXEIRA, A.F.; MONTEIRO, D.D. Ensino de Química contextualizado através da mediação tecnológica. In: Congresso Paranaense de Educação Química, 1, 2009. **Anais [...]** Universidade Estadual de Londrina, UEL – 10 a 13 de agosto, 2009.

VASCONCELOS, S.D; SOUTO, E. O livro didático de ciências no ensino fundamental – proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 93-104, 2003.

VIGOTSKY, L. S. **A Construção do Pensamento e da Linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 2000.

WARTHA, E.J. SILVA, E.L. BEJARANO, N.R.R. Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**. v.35, n.2, p. 84-91, 2013.

ZAPPE, J.A; SAUERWEIN, I.P.S. O ensino de Cinética Química nos periódicos nacionais. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 18, 2016. **Anais [...]**

Florianópolis, SC, 25 a 28 de julho, 2016.